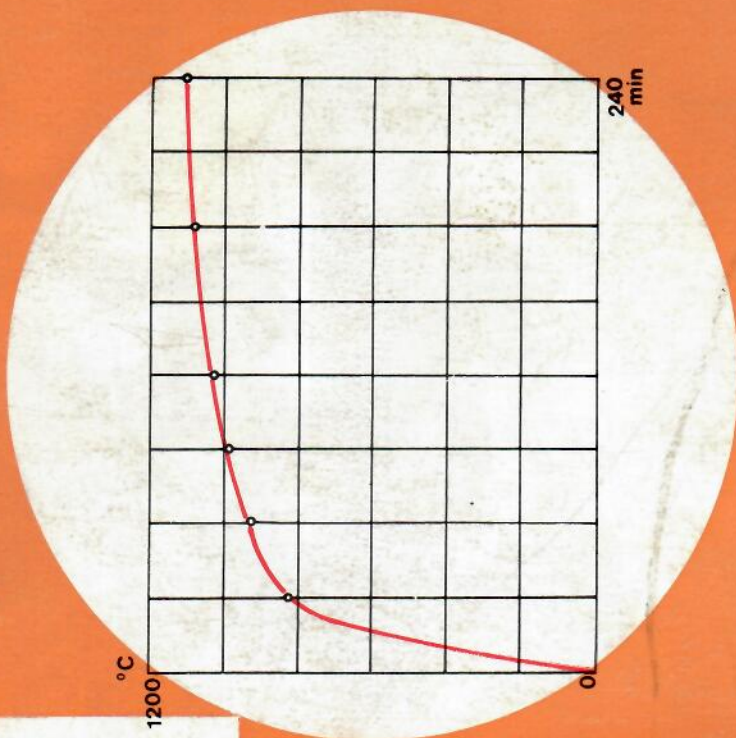


NAUČNI, STRUČNI I INFORMATIVNI ČASOPIS

# POŽAR EKSPLOZIJA PREVENTIVA

2

POŽAR · EKSPLOZIJA · PREVENTIVA



IZDAVAČ:



RO INSTITUTI ZAŠTITE  
OOOR INSTITUT ZAŠTITE  
OD POŽARA I EKSPLOZIJE  
SARAJEVO

**IZDAVAČKI SAVJET:**

SadiK BEGOVIC  
Aziz CENGIC  
Hakija DEOVIC  
Ante GALIC  
Fuad JELEČANOVIĆ (predsjednik)  
Miroslav JURIC  
Ivo KRIZANOVIĆ  
Nijaz KOSOVIC  
Faik LUŠIJA  
Fadil NJEMČEVIĆ  
Slobodan RACKOVIC  
Robert SAMARDŽIĆ  
Dževad TANOVIĆ  
Ratko VUJOVIĆ  
Radoslav ZIROJEVIĆ  
Josip ZEHAK

**GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK:**

Ratko VUJOVIĆ

**UREDNIK:**

Mihailo JEREMIC

**BEDAKCIONI KOLEGIJUM:**

Dr Nešad BOJADŽIĆ  
Dr Ratko DUNDEROVIC  
Dr Munib GLODO  
Mirko GRBIĆ  
Mihailo JEREMIC  
Damir KRAJACIĆ  
Fahrudin KREČO  
Dr Ruzmir MAHMUTČEHAJIC  
Mr Ferdo PAVLOVIĆ  
Mr Dzemail PELJTO  
Hajrija REDŽEPOVIĆ  
Salih SELMANOVIĆ  
Radomir SPAJIC  
Joja SKUNDRIC  
Rešad VITEŠKIĆ  
Ratko VUJOVIĆ  
Dr Milutin VUKIĆ  
Bećir ZECIĆ  
Milan ZORČIĆ

**LEKTOR:**

Mihailo JEREMIC

**TEHNIČKI UREDNIK:**

Mihailo JEREMIC

Casopis izlazi četiri puta godišnje.  
Cijena pretplate iznosi 1.000 dinara.  
Broj žiro-računa za uplatu pretplate je:  
10101-601-10680 (za časopis).

**Adresa Redakcije:**

71000 Sarajevo, Romanijska broj 10.  
tel. (071) 538-480, 538-557; pp 378

**STAMPA:**

NISRO »Oslobodjenje« — OOUR Štam-

# POŽAR EKSPLOZIJA PREVENTIVA

BROJ 2

## SADRŽAJ

<b>Prof. dr. Dragoljub Stojanović</b>	Požari — procesi nekontrolisanog sagorevanja (I)	5
<b>Mr Mirjana Tasić Mr Branislav Jelenković</b>	Posebni problemi kod ranog otkrivanja požara (Deo III — Detekcija gasova)	27
<b>Dr Nešad Bojadžić</b>	Pripreme za gašenje šumskih požara	33
<b>Vladimir Kapor</b>	Određivanje približne granične dužine niskonaponskih kablova s obzirom na kratkospojna termička naprezanja	45
<b>Fuad Muderizović</b>	Koncepcija izvedbe elektroinstalacija u kotlovnicama loženim prirodnim plinom	59
<b>Refik Pirić</b>	Funkcija održavanja kotlovskih postrojenja loženih prirodnim plinom u cilju onemogućavanja nastanka eksplozija u ložistima	67
<b>Muris Baraković</b>	Sistemi ventilacija sa posebnim osvrtnom na ventilaciju lakirnica u funkciji preventivne zaštite od požara i eksplozija	75
<b>Jasmina Njemčević</b>	Metodička obrada gradiva iz oblasti zaštite od požara	85
	<b>Prevodi</b>	93
	<b>Informacije</b>	107
	<b>Pitanja, mišljenja, praksa</b>	115
	<b>Knjige, časopisi, bibliografije, skupovi</b>	121
	<b>Novi propisi</b>	125



*Treća tema, koja je održana na seminaru AUROPA ALARM, odnosi se na preventivnost u zaštiti od požara i eksplozija. Detekcija opasnih gasova je, svakako, područje na kojem se danas sve više radi, kako sa aspekta zaštite od eksplozivnih i zapaljivih gasova i para, tako i zaštite od toksičnih gasova, oslobođenih sagorijevanjem prirodnih i sintetičkih materijala.*

*Pošto je ovo područje veoma široko, ograničili smo našu pažnju samo na nekoliko elemenata vezanih za metode detekcije koje se danas najviše koriste. U nastavku ćemo nešto više reći o procesima razvoja i oslobađanja toksičnih gasova i opasnostima kad je njihova koncentracija veća od dozvoljene.*

Mr MIRJANA TASIĆ, dipl. fiz.

Mr BRANISLAV JELENKOVIĆ, dipl. inž.

## POSEBNI PROBLEMI KOD RANOG OTKRIVANJA POŽARA

### (Deo III — Defekcija gasova)

Prisustvo velikog broja štetnih gasova u vazduhu postaje svakim danom sve opasnije po život čoveka. Takođe, veliki je i broj gasova koji, obično u nešto većim koncentracijama, mogu da izazovu eksploziju i na taj način dovode do velikih i ljudskih i materijalnih žrtava. Zbog toga detekcija i analiza gasova i para zauzima danas vrlo značajno mesto u zaštiti industrijskih postrojenja, kontroli vazduha, odnosno zaštiti čovekove okoline i radne sredine, kontroli hemijskih i metalurških procesa, itd. U te svrhe danas se koristi čitav niz analitičkih uređaja koji se zasnivaju na primeni fizičkih, odnosno fiziko-hemijskih metoda. Većina tih metoda je poznata već odavno, ali je razvoj instrumenata (na bazi tih metoda), kao i njihova primena, tek u poslednjoj deceniji u naglom porastu. Uglavnom ih karakteriše kontinualno merenje koncentracije jedne ili više komponenta, kao i čitave grupe gasova. Postoje danas i takvi gasni analizatori koji mogu da mere i deset

Uređaji za merenje koncentracije gasova zovu se gasni analizatori ili gasni detektori.

Obrat ćemo sada pažnju na neke opšte probleme u vezi sa primenom takvih uređaja. U većini slučajeva oni su jednostavni i po principu rada, kao i po pitanju načina upotrebe tako da problemi mahom nastaju ili zbog nerazumevanja samog problema detekcije, ili zbog nedovoljno informacija. To su uređaji za koje je potrebno i znanje elektroničke, ali je pre svega potrebno definisati problem, odabrati odgovarajući princip merenja, pravilno uzeti uzorke gasa za analizu i izvršiti kalibraciju.

Dosta poteškoća danas predstavlja i nepostojanje određenih standarda iz ove oblasti, kako u pogledu same terminologije, tako i u pogledu specifikacije za kvalitet samih uređaja.

Kada govorimo o gasovima i njihovom dejstvu na ljude i njihovu okolinu, moramo da imamo na umu da oni mogu biti opasni uzimajući u



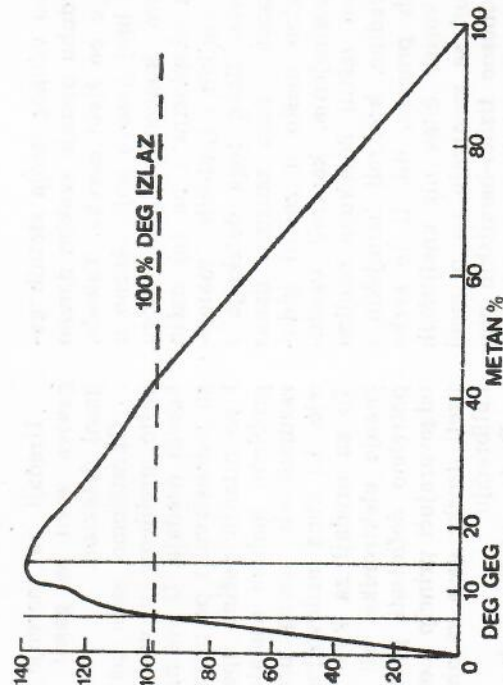
i eksplozivnost. To su dve  
oje, međutim, nisu potpuno  
jedna od druge.

danas postoji niz metoda ko-  
iste za detekciju gasova kao,  
r, optičke metode, metode ga-  
atografije, itd, mi ćemo se u  
du posebno zadržati na pri-  
katalitičkih i poluprovodničkih

anas najuobičajeniji metod  
nja zapaljivih gasova zasni-  
primeni efekta oksidacije za-  
gasova na zagrejanju katali-  
vršini. Koncentracije gasova,  
dređuju ovom metodom, obič-  
nje od njihove donje eksplo-  
nitice. Kao aktivni elemenat  
h senzora koriste se metali  
aju u osmu grupu periodnog  
kao što su Pd, Pt i Ir, i to,  
sti metali, ili su naneseni na  
principu se mogu koristiti i

drugi metali, mada oni nisu tako aktiv-  
ni u reakcijama oksidacije. Adsorpcija  
gasa koji se detektuje izaziva promenu  
naelektrisanja na površini metala, ali  
je ona maskirana velikim koncentra-  
cijama provodnih elektrona prisutnih  
u metalu. Prema tome, termalni efekat  
izazvan oslobađanjem toplote »nadvla-  
daće« promenu električne provodnosti.

Katalitički senzori se obično prave u  
obliku otpornog termometra koji je,  
zajedno s »neaktivnim« elementom,  
vezan u Vistonov most. Površina katali-  
tičkih niti se diže na određenu tem-  
peraturu da bi se osigurala dovoljna  
brzina oksidacije gasa koji se detek-  
tuje. Prisustvo gasa na površini izaziva  
povećanje temperature niti, menja  
njegovu otpornost, a samim tim izvo-  
di most iz ravnoteže. Tipična kriva  
osetljivosti katalitičkog senzora po-  
kazana je na slici 1.



SI.1 TIPIČNA KRIVA OSETLJIVOSTI KATALITIČKOG DETEKTORA

tna nit je obično upravljena  
e ne »aktivira« u prisustvu  
dstavlja drugu stranu Visto-  
sta. Promena u vlažnosti ili  
kog pritiska će na isti način

uticati i na aktivnu i na referentnu  
nit, tako da na sam izlaz mosta ove  
promene ne utiču.

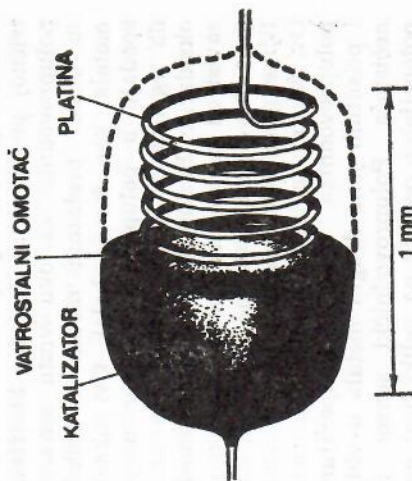
Katalitičkim senzorom može se de-  
tektovati veliki broj gasova, kao što

su, na primer, svi organski gasovi i  
pare, neke neorganske komponente,  
kao H<sub>2</sub>, CO i NH<sub>3</sub>, itd. Svi ovi gasovi  
će se oksidisati na katalitičkoj niti  
koja je na temperaturi od nekoliko  
stotina °C. Neke gasove nije pogodno  
detektovati ovim senzorom, jer izazi-  
vaju njegovo zagađenje i to, uglavnom,  
iz sledećih razloga: a) može doći do  
rasturanja i taloženja nekih relativno  
neisparljivih komponenta na katali-  
tičkoj niti čime se sprečava ili otežava  
oksidacija gasa. To je, na primer, slu-  
čaj sa fosforom, arsenovim i antimon-  
skim jedinjenjima; b) može doći do  
formiranja polimera koji prekrivaju  
senzor (vinil hlorida ili butadiena), a  
može doći i do postepenog vremenskog  
»prljanja« površine niti sa isparljivim  
komponentama, kao što su halogena  
jedinjenja. Ove efekte »prljanja« je  
moguće delimično i ublažiti time što  
se nit diže na višu temperaturu. U  
svakom slučaju očigledno je da je ne-  
ophodna redovna kalibracija katalitič-  
kih senzora, posebno u slučaju detek-  
cije gasova i para, koji mogu da za-  
gade senzor.

Opisani metod detektovanja gasova  
je neselektivan i meri sumu svih pri-  
sutnih zapaljivih gasova. Međutim,  
kako je već rečeno, temperatura katali-  
tičke oksidacije se menja od gasa do  
gasa; za metan je potrebna najviša  
temperatura od 900° C. Zato je kori-  
šćenjem senzora na različitim tempe-  
raturama, ili primenom temperature  
izazvane promenom struje u mostu,  
moguće odrediti koji su prisutni gasovi  
i u kojim koncentracijama. Ovo je,  
uglavnom, moguće za neke jednostav-  
ne gasove, na primer, moguće je iz-  
dvojiti prirodni gas od LPG benzinskih  
para ili ugljovodoničke iz mulja. Visoka  
temperatura je, s druge strane, ne-  
povoljna sa stanovišta stabilnosti ure-  
đaja, platina isparava sa žice, njena  
otpornost se menja, a može i da izgori.

Jedan od tipova katalitičkih senso-  
ra je i pelistor koji ima i veću stabil-  
nost i otpornost na zagađenje. Niti

Potrebna temperatura za oksidaciju  
metana, kao većine drugih gasova je  
500—600° C. Na slici 2 dat je izgled  
pelistora. Katalitička površina je u  
obliku kalema i predstavlja kombina-  
ciju paladijuma i torijuma. Otporni  
termometar je od platine, a geometrija  
kalema se održava konstantnom upo-  
trebom čvrstog materijala, kao što je  
alumina. Konstrukcioni oblik je takav  
da je utrošena energija potrebna za  
grejanje katalitičke površine što ma-  
nja, tj. običan par pelistora zahteva  
0.8 W. Ta činjenica da pelistori ne  
mogu da »izgore« povećava njihov vek  
trajanja na nekoliko godina.



SI.2 PELISTOR

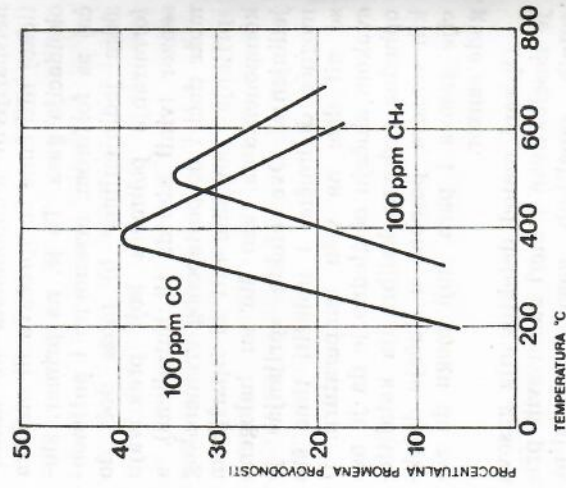
Prvi komercijalni instrumenti koji  
su koristili pelistore bili su metano-  
metri (Mine Safety Appliances Co.  
Ltd.) i bili su vrlo jednostavni i po-  
godni za detektovanje rudničkog gasa.  
Glavna prednost tih instrumenata nad  
ostalim sličnim tipovima je u njihovoj  
stabilnosti u toku kontinualnog rada u  
različitim sredinama, gde je atmosfera  
puna prašine ili gde su instrumenti  
izloženi udarcima ili vibracijama. Niti



nedostatak je u tome što se može kalibrirati, ako se nalaze u koncentracijama koje se mogu detektirati, nalaze ispod donje granice (5% za metar).

U ovom radu su poluprovodnički senzori. Princip njihovog rada je poznat, od 1955. godine, i se na tome da adsorpcija gasa u površini poluprovodnika izaziva promenu u električnoj provodnosti. Homosorpcija nekog gasa dovodi do razmene elektrona između molekula gasa i površine poluprovodnika. Ova razmena elektrona izazove znatnu promenu u koncentraciji elektrona poluprovodnika, prouzrokuje promenu u električnoj provodnosti. Najčešće korišćeni poluprovodnici za ovu vrstu senzora su oksidi prelaznih metala i teških metala kao što je kalaj. Ovi oksidi su poluprovodnici, jer mogu stajati u različitim stanjima oksidacije. Brzina promene provodnosti i brzina adsorpcije ili reakcije veličina promene zavisi od koncentracije gasa adsorbovanog na površini. Ovi senzori zavise od hemijske prirode poluprovodnika, njegove temperature i vrste gasa. Poluprovodnički senzori su vrlo osjetljivi na veliki broj gasova. Nedostatak ove vrste je što je on neselektivan i daje puno na tome da se povećava njegova selektivnost. To se postiže pažljivim izborom materijala i dodavanjem odgovarajućih

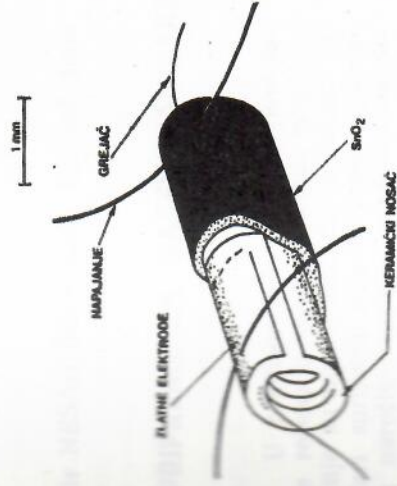
različitim temperaturama. U opštem slučaju neznatna promena u provodnosti koju je prouzrokovao gas određene koncentracije povećaće se sa povećanjem temperature oksida sve dok ne dostigne maksimum i počne da opada. Ovaj efekat je pokazan na slici 3 za slučaj poluprovodničkog sen-



Sl. 3 UTICAJ TEMPERATURE NA OTPORNOST SENZORA

zora kalajdioksida koji je izložen koncentracijama od 100 ppm ugljenmonoksida i metana. Očigledno je da se promenom temperature kalajdioksida može menjati njegova osjetljivost na te gasove. Drugi način poboljšanja osjetljivosti poluprovodničkog senzora je ubacivanje oksidnih jona drugih metala koji pospešuju adsorpciju određenog gasa. Pokazano je, na primer, da se adsorpcija ugljenmonoksida povećava ubacivanjem paladijuma u oksid

Jedan od prvih uređaja koji koristi metalni oksid SnO<sub>2</sub> konstruisao je Japanez Taguchi. Ovi vrlo praktični senzori, koji se danas nalaze u širokoj upotrebi, nazivaju se zato Taguchi senzori. Izgled jednog ovakvog senzora dat je na slici 4. SnO<sub>2</sub> prekriva zlatne elektrode dužine oko 5 mm nanese na valjkastu keramičku podlogu. Sen-



Sl. 4 IZGLED GASNOG SENZORA

zor se greje pomoću grejača smeštenog unutar keramičke podloge. Osobina ovog senzora je što je jednostavan za montažu i rukovanje, otporan je na mehaničke potrese i ne zagađuje se, iako je izložen velikim koncentracijama gasa. U slabe strane senzora, sem pomenute neselektivnosti, ubrajamo i duže vreme odgovora za neke gasove (SO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>) koje može da dostigne i 10, pa i više minuta, zatim zavisnost od spoljašnje vlažnosti, temperature i napona napajanja. Zadnjih godina puno se radi na otklanjanju ovih nedostataka i postizanju što veće stabilnosti.

Poluprovodnički senzori su, uglavnom, našli primenu u detekciji ugljovodonika, alkohola, organskih para, etra, estera, ugljenmonoksida, itd. Osetljivost na butan, prirodni gas, naftu i njene derivivate, uz pomenute osobine (jednostavnost, male dimenzije, mala potrošnja i mala cena), omogućava mu da nalazi sve širu primenu i kao alarmni sistem za detekciju curenja gasa, odnosno kontinualni monitoring u petrohemijskim postrojenjima.



*U radu se, u kratkim izvodima, iznose mjere za brzo otkrivanje šumskih požara, sistem osmatranja putem primarnih i sekundarnih stanica, daju podaci o opremi osmatračkih stanica, opisuju metode određivanja lokacije šumskog požara, sistemi komunikacija, transportni sistem i vremenski standardi početnog i kontrolnog vremena. Pored ovoga, dati su osnovni podaci o opremi koju je nužno imati u svrhu gašenja požara. Politici suzbijanja požara i organizaciji protivpožarne službe posvećena je posebna pažnja.*

Dr NEŠAD BOJADŽIĆ, dipl. inž. šum.

## PRIPREME ZA GAŠENJE ŠUMSKIH POŽARA

U prethodnim nastavcima dovoljno je rečeno o svim aspektima priprema koje su nužne, kako bi se šumski požari spriječili preventivnim mjerama, a naročito urednim gazdovanjem šumama, a posebno u vezi s proučavanjem uslova za pojavu i predviđanje mogućnosti nastanka šumskih požara. Mada to može, na prvi pogled, izgledati na neki način pomalo i suvišno, prepedantno, ipak je veoma značajno da se, na bazi naučnih saznanja i konkretnih iskustava, obave sve nužne pripreme, osmatranja, donesu valjani zaključci o mogućim uzrocima požara i vremenu njegovog nastanka i lokaciji, radi pravovremenog i efikasnog preduzimanja odgovarajućih mjera.

Kad već dođe do pojave požara, osnovni zadatak je da se on efikasno spriječi u svom širenju. Za postizanje takvog cilja neophodno je: šumski požar brzo otkriti, obezbijediti efikasan sistem komunikacija, prevoz ljudi i materijala, imati na raspolaganju savremenu opremu, uređaje i sredstva za gašenje, na vrijeme osposobiti potreban stručni kadar, utvrditi sve aktivnosti koje će požar brzo i trajno eliminisati, obezbijediti koordinaciju sa

svim društvenim institucijama koje se bave poslovnima suzbijanja požara i društvene samozaštite, itd.

## MJERE ZA BRZO OTKRIVANJE POŽARA

Sve mjere koje prethode imaju za cilj da se šumski požar što prije otkrije, da se precizno odredi njegova lokacija i preduzmu hitne mjere za njegovo sprečavanje. Za brzo otkrivanje požara potrebne su odgovarajuće mjere koje svojom sistematičnošću omogućavaju logični red aktivnosti, kako bi se spriječila improvizacija u smislu izostajanja određenih radnji, koje treba da prethode drugim.

U svijetu je razrađen čitav sistem osmatranja i obavješćavanja, a najčešće se temelji na mreži osmatračkih stanica, stalnom izviđanju iz vazduha putem patrolnih letova, a u posljednje vrijeme i primjenom neke vrste »rada« za brzo otkrivanje vatre.

S obzirom na to da kod nas, izuzimajući veći dio jadranske obale i neka ostrva, šumski požari nisu tako česti, a niti obuhvataju velike površine i



nanose štete katastrofalnih razmjere, sistem osmatračnica nije prihvaćen, da je posljednjih godina podignut i broj takvih objekata sa kojih se mogu kontrolisati dijelovi šumskih odjela.

Sigurni smo, međutim, da bi u rivanju šumskih požara trebalo da postoji dogovor između svih pravnih subjekata, čije letilice borave u vazduhu i stalno ili povremeno, o potrebi ještavanja uočene pojave dima veće razmjera, kako bi se na osnovi svih informacija moglo pristupiti vjeravanju da li se radi o šumskom aru. Takva saradnja trebalo bi da hvata sve organizacije koje se bave dušnim prevozom putnika i robe, vazdušnu avijaciju, sportsko vazduhoplovstvo, vojno vazduhoplovstvo, organa unutrašnjih poslova i druge, što bi moglo da značajno pomogne u sistemu za brzo otkrivanje šumskih požara. Inicijator za takvu saradnju i međusobno komuniciranje mogao bi da bude Savezni komitet za poljoprivredu, u svojoj nadležnosti ima i poslove arstva. I druge institucije našeg društva — složene organizacije udruženog rada, vatrogasni savezi, samostavne interesne zajednice za zaštitu požara — takođe mogu biti inicijator takve saradnje koja je potrebna i za intenzivno višestruko korisna.

**Sistem osmatranja putem stanica** izjenjuje se u svijetu već niz decenija. Na području koje treba zaštititi od požara odaberu se najisturenije tačke i na njima lociraju osmatračnice. One mogu biti namijenjene samo za ugroženog područja ili se postavljaju tako da sa drugim stanicama čine jedinstven sistem u kojem je u slučaju požara obuhvaćen veći dio šumskog kompleksa.

O dužini osmatranja i organizacije tračke službe, stanice se, prema vrsti i (2), dijele na primarne i sekundarne.

**Primarne izviđačke stanice** su one kojima je tokom cijele požarne se-

zone smješten stalni osmatrač, dužnost mu je da stalno osmatra šumske komplekse naznačene u elaboratu, te da hitno javlja pojavu požara odgovarajućem centru odakle će uslijediti narednje za akciju gašenja.

**Sekundarne stanice** se stavljaju na lokacijama koje dopunjuju izvršeno područje, i to u najkritičnijim danima kako bi se sav kontrolisani prostor što bolje osmatrao.

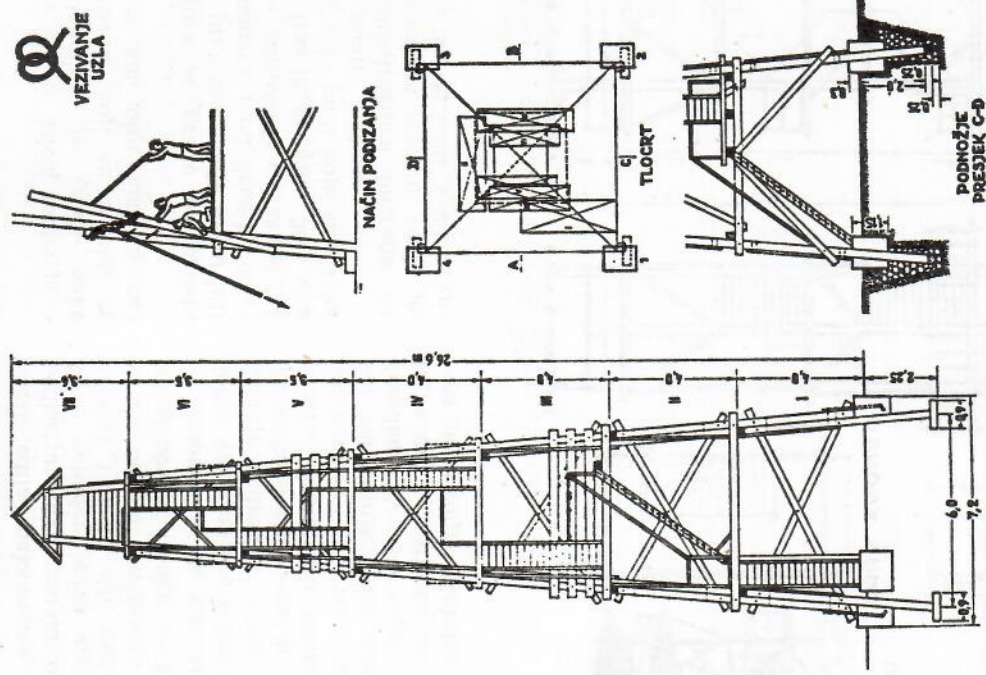
Pored zadatka da javljaju najnovije informacije, radnici na ovim stanicama imaju zadatak da što prije dođu do mjesta požara i preduzmu hitne mjere za njegovo gašenje, odnosno mjere za sprečavanje njegovog brzog širenja.

Broj primarnih i sekundarnih stanica i njihov razmještaj zavisi od niza okolnosti, od kojih su najvažnije:

- veličina osmatrane površine i reljef zemljišta,
- relativan odnos visinskih tačaka na kojima su osmatračnice postavljene,
- vidno polje osmatranja (veličina horizonta),
- vidljivost koja je naročito uslovljena na atmosferskim prilikama (pojava izmaglice i magle, vjetrovi, pojave kiše i dr.).

Prema iskustvima u drugim zemljama, prosječno dobra vidljivost može se ostvariti između 15 i 25 kilometara, što zavisi od toga da li je vazduh pun čestica prašine, polenovog praha, čestica gari, dima sa opožarene površine.

Vajda (2) navodi istraživanja Ardlea prema kojem se mali dim može primijetiti na udaljenosti od 5,5 do 24 kilometra, što zavisi od zamagljenosti atmosfere. On je preporučio mrežu primarnih izviđačkih stanica koja se bazira na radijusnoj vidljivosti od 24 kilometra, dok bi sekundarni sistem stanica trebalo da se locira sa radijusnom vidljivosti od 13 km. Prema Bru-



Slika 1. Načrt i tlocrt požarnog tornja izrađenog od drveta

su, na horizontu se mogu uočiti svijetle, tamne i mrljave pozadine. Gdje prevladavaju svijetlo obojene i mrljave pozadine izviđačke stanice moraju biti jedna drugoj bliže. On ukazuje i na značaj ugla posmatračevog oka prema dimu i suncu. Mali ugao sa suncem iza dima daje veće daljine vidljivosti, nego kad je sunce iza posmatrača. Kod sravnjivanja rada izvi-

đačkog osoblja mora se taj momenat uzeti u obzir, jer korektna daljina vidljivosti do koje se može vidjeti dim, zavisi od boje i osvijetljenosti pozadine, od ugla posmatranja, od prozračnosti vazduha, od kvaliteta instrumenta i moći zapažanja i uočavanja lica koje posao obavlja, od položaja sunca prema lokaciji požara, itd.



## REMA NA OSMATRAČNICAMA

Prije nego što se izloži materija o emi, neophodno je istaći neke ovne momente koji su u vezi sa atračnicom kao objektom za rad atrača.

Osmatračnice se grade od drveta eljeza — pretežno, mada mogu biti betona, kamena i od drugih matera. Visina osmatračnice zavisi od faktora. Ima ih sa preko 30 i više ara visine, ali i onih koje su visoke -15, pa i manje metara.

Ako je osmatračnica locirana na kom planinskom masivu, onda je, ešće, dovoljno da bude visoka sve-

ga nekoliko metara, kako bi joj se obezbijedila maksimalna stabilnost. U području pored morske obale, gdje su šume najčešće jedva visoke oko dva- desetak i nešto više metara, dovoljno je na nekom uzvišenom brdu podići osmatračnicu visoku 5—6 metara, itd.

Osnovno je da osmatračnica pruža dobar vidik na sve četiri strane, a ako to nije potrebno, onda samo prema dijelu teritorije koja je ugrožena od požara. Osmatraču treba obezbijediti dobre uslove za život i rad, jer je po- sao osmatranja dosta jednoličan, često dosadan. Pored ovoga, osmatračnica treba da je zaštićena od udara groma i da je dovoljno stabilna.

Osmatrač mora da bude obezbije- den od mogućnosti napada od strane nepozvanih lica, pa je neophodno snab- djeti ga odgovarajućim oružjem i mu- nicijom. Pored ovoga, neophodno je i osmatračnicu obezbijediti od požara, jer nije isključeno da se i tu ne mogu dogoditi neželjene pojave (požar od grejnog tijela, od elektroinstalacija, od groma, namjerno podmetnut požar, požar od iznenadne eksplozije zapaljivog materijala i tekućina i dr.).

Osmatračnica treba da ima dvojnju vezu sa centrom, upravom, direkcijom, odnosno drugom institucijom kojoj mora javiti izbijanje požara. Dvojna veza je potrebna radi sigurnosti i one se moraju stalno održavati u stanju pune gotovosti, tehničke ispravnosti.

Osmatrač treba da je mlade zdravo lice, provjereno, odgovorno, sposobno, koje će ostati na osmatračnici i kada se događaju nepredvidive okolnosti i kada nastaju druge teškoće (slabo grijanje, nedostatak hrane, vode i slično).

Od opreme najvažnije je imati kva- litetnu topografsku kartu, dobar mjer- ni instrument kojim će se utvrditi pra- vac, mjesto-lokacija, udaljenost, polo- žaj u odnosu na druge tačke (vrh ne- kog masiva, put, korito rijeke i dr.). Prema Vajdi (2), u USA su požarni tornjevi opskrbljeni tzv. »osborne fire finder« (osbornski pronalazač požara), koji omogućava osmatraču da precizno pročita horizontalne i vertikalne uglo- ve prema mjestu požara, zatim nje- gova približna površina i drugo. Verti- kalni uglovi su značajni gdje nema drugih tačaka, koje su jasne i mar- kantne, gdje je cijeli predio pokriven samo šumom.

Za određivanje lokacije-mjesta po- žara može se primijeniti više metoda, od kojih ćemo pomenuti najvažnije.

**Okularna metoda** pretpostavlja da osmatrač na osnovu osmotrenog dima, poznavajući teren, raspoložujući dobrom topografskom kartom, može dosta pre- cizno da odredi lokaciju gdje se poja-

vio dim. Ako je područje pokriveno sa više osmatračnica, onda se na osnovu više od dva osmatranja, presijecanjem vizura prema naprijed, nazad i bočno, odredi lokacija požara.

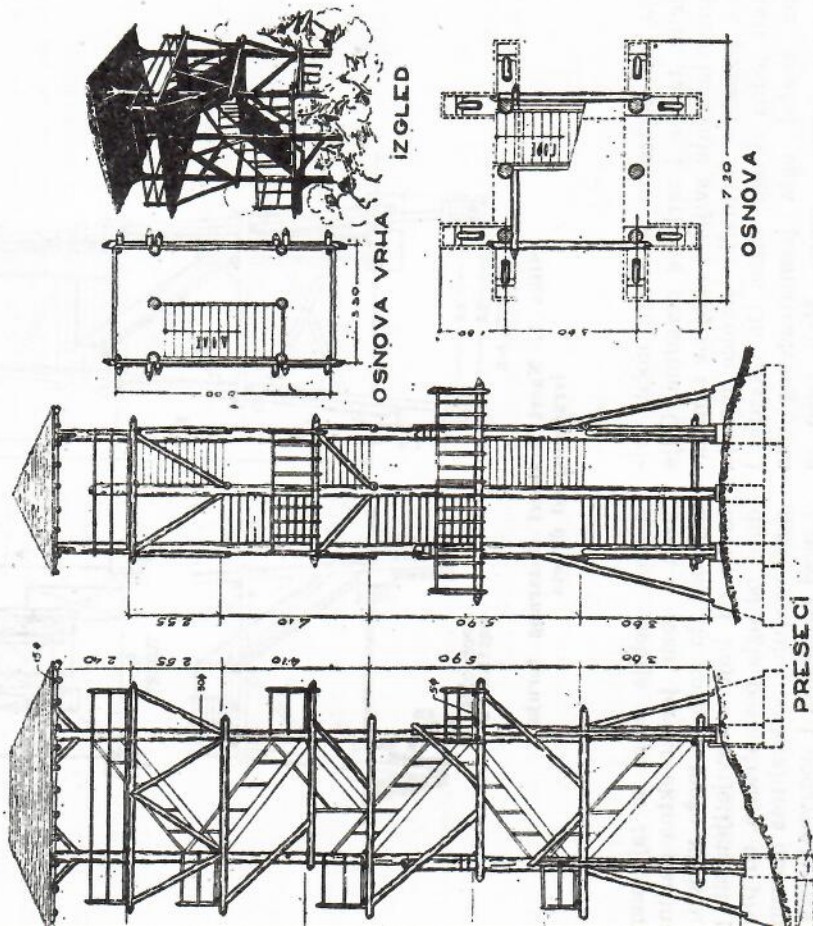
**Fotogrametrijska metoda** je znat- no unaprijedila metodologiju i sistem otkrivanja požara na način koji je egzaktniji i sigurniji od prethodnog. Podaci koji stižu sa osmatračkih stanica (azimut, horizontalni ugao i vertikalni ugao, snimaju se instrumen- tom) nanose se na karte i dobivaju tačni podaci o mjestu požara.

Posljednju deceniju koriste se foto- -snimci terena (snimanje iz vazduha) sa kojih se pomoću stereoskopa može bez većih teškoća odrediti mjesto po- žara. Ovi snimci su veoma pogodni za strme i morfološki veoma razučene terene, kada je zbog okomitosti teško odrediti lokaciju požara okularnim i drugim metodama.

Dvoglede, u pravilu, ne bi trebalo koristiti za otkrivanje požara, ali do- bro služe za praćenje njegovog širenja i za druge informacije.

Preporučuje se izrada aerofotogra- metrijskih snimaka lokaliteta jako ugroženih od požara s tim da se mar- kantne tačke topografskog karaktera jasno označe, kako bi se na osnovu tog mogla dobiti jasnija predstava o terenu i njegovim karakteristikama.

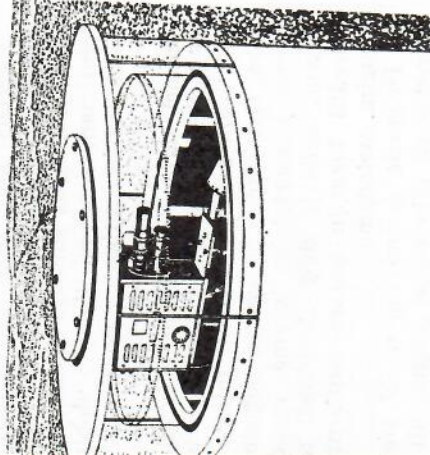
Prema navodima Vajde (2), u no- vije vrijeme, izgrađeni su u nekim šumskim predjelima SAD visoki be- tonski stubovi na kojima se nalazi okrugla staklena prostorija opremlje- na televizijskim predajnikom s dva dvogleda. Televizijski odašiljač se stalno okreće oko svoje vertikalne osi. Jedan dvogled prima sliku šumskog predjela, a drugi prima odgovarajuće azimute koji su urezani u staklo kru- žnog prostora (vidi na slici 3) u kojem se televizijski predajnik okreće. Kada se pojavi požar prvi dvogled prima sliku požara, a drugi azimut u kojem je on nastao. Oba podatka se istovre- menno prenose na televizijski predajnik.



a 2. Tip osmatračnice konstruisan od građe odgovarajućih dimenzija. Služi za bezbjednost šume i kao razglednica predjela za izletnike



... se dalje šalje u protivpožarni tar, gdje se prikazuje na ekranu televizijskog prijemnika. Očitani azit se ucertava na karti. Dva i više vava dobivenih sa različitih stanica presijecaju i tako dobije tačna rmacija.



3. Požarni toranj s televizijskom osmatračnicom u SAD

J brdskoplaninskim područjima sa kupiranim terenom, gdje zbog ke frekvencije ljudi i vozila po e uslovi za pojavu požara, nije ri- k slučaj da se i sa osmatračnica ne e jednostavno otkriti mjesto po- . U tom slučaju moraju se aktivi- radnici obučeni za te poslove, o bi svojim izviđanjem pomogli ivanje požara.

brzo otkrivanje nekontrolisanog po- je bitno za efikasniji sistem pro- ožarne kontrole, zbog toga: to se nikakva akcija gašenja ne ože preduzeti bez neophodnih po- ataka, koliko se ranije locira i napadne, ogućnosti njegovog gašenja su ve- a, a štete proporcionalno manje.

## PATROLIRANJE IZ VAZDUHA

Analizirajući primjenu različitih sistema prikupljanja informacija o n- stanku požara, došlo se do zaključka da su dobri uspjesi postizani upravo korištenjem kombinovanih metoda ra- da, odnosno izvora informacija.

Prema Vincent J. M. Gervaisu (3), odluka da li će se koristiti avioni, osmatračnice (tornjevi) ili kombino- vani sistem, zavisi od faktora kao što su topografija, lokalne vremenske pri- like i uslovi u kojima se razvija vatra, a takođe i od ekonomskih razmatranja. Iskustvo je, međutim, pokazalo da su, načelno, sistemi sa avionima i tornje- vima podjednako efikasni, ali da je sistem tornjeva (osmatračnica) znatno skuplji.

Detekcija i lociranje pomoću avio- na su najuspješniji kada se ispune jedan ili više sljedećih uslova:

1. Može se tolerisati jedan relativ- no dug vremenski interval iz- među pojave požara i detekcije;
2. Postoji prethodno iskustvo u po- gledu vjerovatnog mjesta izbi- janja požara;
3. Ekonomski ne postoji nikakva alternativa, jer terenski uslovi ili finansijska ograničenja one- mogućavaju stvaranje sistema tornjeva.

Avioni su se pokazali najuspješni- jim za lociranje požara izazvanih mu- njama u planinskim oblastima Sjeverne Amerike. Načelno, do ovih požara do- lazi na višim tačkama i u periodu krajnje opasnosti od požara.

Izbor aviona za detekciona patro- liranja zavisi, (prema Gervaisu — 3), u prvom redu, od raspoloživih finansijs- kih sredstava i topografije oblasti koja se kontrolise — izviđa. Savre- meni jednomotorni su pouzdani, rela- tivno jeftini. Amfibijski avioni su često

bolji za patrolne letove u oblastima sa velikim brojem jezera, većih vodenih tokova, mora, vještačkih akumulacija.

Da bi se razradio efikasan plan pa- troliranja potrebno je perfektno pla- niranje i ispitivanje itinerera. Kom- pletan šablon patroliranja u velikoj je mjeri uslovljen sljedećim faktorima:

- vidljivost; djelovanje izmaglice, pra- vac osvjetljenosti, varijacije boja;
- poznata mjesta češćeg izbijanja po- žara;
- topografija terena;
- vrijednost šumskih kompleksa; pri- vredna vrijednost i opšte korisne vrijednosti šuma;
- tipovi šuma; požar se brže i lakše kreće kroz šume četinarara sa dosta zapaljive smole, nego kroz šume lišćara;
- aktivnosti u šumama; šumski rad- nici, turisti, čuvari stoke, slučajni prolaznici, djeca.

Temeljnim proučavanjem ovih i drugih faktora omogućuje se razrađi- vanje četiri vrste patrolnih ruta. Ta patroliranja su sljedeća:

- patroliranje početkom i krajem se- zone, zanemarujući dijelove šum- skih kompleksa gdje je opasnost od požara trajno mala;
- patroliranje sredinom sezone; raz- rađuje se tako da se pokrije cijela oblast kada je opasnost ispod nor- male za taj period;
- poluintenzivno patroliranje sredi- nom sezone; tim patroliranjem se pokriva cjelokupna oblast kada je indeks požara umjeren do visok.
- Dva nadlijetanja dnevno. Širina osmatranja na stazi 15 km (10 mi- lja);
- intenzivno patroliranje sredinom sezone; požarni indeks visok do ekstremna. Dva do četiri nadlijetanja dnevno duž staza širine 15 km.

Koordinator za patroliranje donosi odluku o frekvenciji svakodnevnih pa- troliranja koja se zasnivaju na indeksu suše, indeksu opasnosti od požara, vi- dljivosti i meteorološke prognoze.

Sistem koordinata se često koristi za precizno lociranje požara. Tamo gdje se ovaj sistem koristi, na šumskim kartama, uključujući i one koje koriste piloti patrola i posade koje napadaju požare (gašenje avionima), treba da je ucrtan koordinatni sistem koji se sastoji od pravougaonika od 15 minuta geografske širine i 15 minuta geograf- ske dužine.

Kada utvrdi lokaciju požara, pilot izvještava sljedeće:

- koordinatne podatke,
- veličinu požara,
- vrsta i tip materijala koji gori,
- brzina i pravac vjehtra,
- topografija,
- mogućnosti prilaza do požara,
- mogućnosti snabdijevanja vodom,
- prirodne prepreke,
- ostale bitne informacije.

## OTKRIVANJE POŽARA INFRACRVENIM ZRACIMA

V. Gervais (3) smatra da glavnu prepreku za korišćenje infracrvenih zraka za detekciju požara predstavlja problem dobivanja željene senzitiv- nosti sistema. Vatra, kada se u samom početku pojavljuje ispod površine tla, emituje malu količinu energije i ne može se lako razaznati od ostalih izvo- ra toplote, čak i izduvnih lonaca na vozilima. Međutim, Project Fire Scan Sumške uprave SAD je usavršio si- stem na principu infracrvenih zraka koji je u stanju da registruje najveći broj vatri u početku. Sistem je pred- viđen za ugrađivanje u avione koji mogu dostići brzinu 370 km/h i visinu 4,5 km.

Male vatre emituju mikrotalasna zračenja kao i infracrvena zračenja,



li mikrotalasi mogu da prođu kroz sloj oblaka, dok infracrvena zračenja o ne mogu. U stvari, sadašnja dostiguća u tehnologiji mikrotalasa ne omogućavaju izgradnju avionskih skandera sa uglavnim razlaganjem za potrebe detekcije požara.

### SISTEM KOMUNIKACIJA

Komuniciranje u šumarstvu je isto koliko značajno kao i pravovremeno otkrivanje mjesta požara. Sistem veza mora da obezbijedi sigurnost u međubnom komuniciranju u šumskim kompleksima, kao i u komuniciranju a vanjskim institucijama. Najjeftiniji način je telefon, a radio-stanice su čak najsigurnije i mnogo univerzalnije, jer mogu ostvariti vezu između smatračkih punktova, ljudi na terenu, aviona u vazduhu, helikoptera, centra za koordinaciju aktivnosti, oružna unutrašnjih poslova, profesionalne vatrogasne službe i ostalih.

U SR Bosni i Hercegovini znatan dio organizacija šumarstva ima dobre veze sa područnim jedinicama, koje su smještene u šumskim kompleksima u njihovoj blizini. Mnogi imaju dobre veze sa vozilima i centralom.

Sistem veza treba stalno održavati ispravnom stanju, a za posebne potrebe obezbijediti i dvojni sistem, ako se ne bi, zbog nehata i neispravnosti, dogodile neprijatnosti u momentu kada je veza najpotrebnija.

### SISTEM TRANSPORTA

Da bi se efikasno provele mjere edvidene u planovima odbrane od požara, radnicima zaduženim za suzbijanje požara i druge pripremne aktivnosti, moraju biti stavljeni na raspoloženje odgovarajuća terenska vozila dovoljnim količinama goriva i rezervama istog.

svoj kamion. U njemu se nalaze oruđa i materijali za gašenje požara. Pri izboru kamiona treba uzeti u obzir kapacitet tereta, brzinu i kvalitet. Ako je za prevoz izvršen izbor traktora, zbog stanja ceste i terenskih uslova, onda je potrebno uzeti i odgovarajuću prikolicu.

### VATROGASNA OPREMA

Prije nastupanja sezone šumskih požara treba izvršiti nabavku svih potrebnih materijala, alata, uređaja, druge opreme.

Oprema, uređaji, alati, materijali i drugo ostavlja se na sigurnom mjestu u šumi, na šumskim radištim, protivpožarnim punktovima, u protivpožarnom centru, upravi, radnoj jedinici, već kako je to planom predviđeno.

Uz vatrogasni alat, materijale i uređaje kojima se vrši gašenje požara, odnosno sprečava njegovo proširenje treba planom odbrane od požara da bude naznačeno gdje su izvori tekuće vode većeg kapaciteta, gdje su locirani bazeni za vodu, koji su vodotoci sposobni da daju dovoljne količine vode za gašenje i drugo.

Alat i uređaji za gašenje požara, odnosno njegovo zaustavljanje može se sortirati prema namjeni:

- za onemogućavanje zapaljivom materijalu da gori, sprečavanjem dovoda kiseonika (lupanje po grančicama, lišću, humusu, mahovini);
- za kopanje jarkova kojima će se sprječiti dalje nadiranje požara i njegovo širenje;
- za izvođenje radova na protivpožarnim linijama s ciljem da se aktivira protivpožar;
- za obaranje — rušenje stabala, njihovo prikraćivanje (motorne pile);
- za hitno izvlačenje gorivog krupnog materijala sa opožarene površine (traktori gusjeničari i dr.);
- za korišćenje vode;

— za korišćenje praha, pjene i drugih supstanci koje onemogućavaju proces gorenja i drugo.

Ipak je najbolje i najefikasnije da se, prema lokaciji objekta i njegovim karakteristikama opisanim u planovima protivpožarne zaštite, u vozilima za transport (kamioni, traktori i dr.) nađu svi alati, uređaji, materijali i oprema koja dolazi u obzir za gašenje požara, sortirana prema namjeni, kako bi se kod njenog korišćenja što manje gubilo na vremenu. Takav zahtjev je tim više opravdan ako se ima u vidu da se ljudstvo mora organizovati prema zadacima koje treba da obavlja. Zbrčka i nered kod korišćenja uređaja, opreme i alata može mnogo da uspori izvršavanje zadataka.

U ovom radu su samo naznačene grupe opreme i to dosta orijentaciono, kako se tekst ne bi suviše opterećivao pojedinostima. Zbog toga treba imati u vidu da je spisak opreme veoma značajno pitanje u okviru plana borbe protiv požara. Događalo se da, na oko sitni predmeti, koji u svakodnevnom životu ne predstavljaju nikakve posebne vrijednosti (baterije, baterijske lampe, manji ručni reflektori, glasnogovornici, toki-voki aparati i dr.), nedostaju u toku rada na gašenju što može značajno usporiti ili onemogućiti izvršavanje nekih značajnih dopunskih zadataka (noćno provjeravanje pojave početka požara na lokaciji udaljenoj od glavnog požara 500—800 metara zahtijeva posjedovanje baterijske lampe, upravljanje procesima rada zahtijeva glasnogovornik, manji ručni reflektor ili veća baterijska lampa moraju da zahtjeva kod davanja signala avionima, helikopterima, itd.).

- Posebna pažnja se mora posvetiti: — obezbjeđenju smještaja ljudi koji nakon izvršenih zadataka moraju da predahnu, da se presvuku;
- obezbjeđenju dovoljnih količina hrane i pitke vode, osvježavajućih napitaka i slično;



obezbjedenju sanitetske opreme, materijala i lijekova; sigurnim komunikacijskim vezama sa centrom za borbu protiv požara, ekipama koje se nalaze na putu prema lokaciji požara, kao i grupama radnika koje na susjednim lokacijama obavljaju određene zadatke vezane za požar;

dovoljnim brojem vozila za transport uređaja, materijala, opreme, ljudi i njihovo komuniciranje između opožarenih površina;

dovoljnim brojem karata, uglomjera, busola, dvogleda, gasmaski, odijela otpornih na vatru, boca sa kiseonikom, čizama i drugog; sitnom alatu (kramp, motika, bučak, lopata, ašov).

## PRIPREMA STRUČNIH KADROVA

Nisu usamljena pojedinačna shvaćanja da stručni kadrovi u šumarstvu imaju dovoljno znanja i kvalifikacija posao gašenja požara. Tačno je da na studijama šumarstva poklanja pažnju velikom broju pitanjima o djelovanju i načinu i metodama novog gašenja. Međutim, treba imati u vidu i činjenicu da teorijska znanja i dovoljna za efikasno organizovanje borbe protiv požara, koja je složen, delikatna i veoma teška.

U prethodnim nastavcima rečeno je o pripremama i radnjama koje treba obaviti da do požara ne dođe i dosta kvalitetno je obrađena i objavljena otkrivanja i proučavanja koja se odnose na pojavu požara, njegovo predviđanje i predpređenje. Rečeno je da planiranje i priprema dokumentacije treba posvetiti najozbiljniju pažnju. Prema tome, sadržaj ovog i narednih nastavaka jasno ukazuje na potrebu da se materija šumskih požara obrađuje na širokoj, specifičnoj i po obujmu aktivnosti raznolika, skoro i

multidisciplinarna, što od svih aktera zahtijeva visoko profesionalno znanje i odgovornost.

Za preventivu, predviđanje i mjere gašenja potrebni su kadrovi različitih profila i specijalnosti, mada se dobro organizovanim stručnim radom i usavršavanjem taj broj stručnjaka može smanjiti na manju mjeru.

Kadrovima koji rade na poslovima iz zaštite šuma treba omogućiti da se doškoluju iz oblasti organizacije rada na gašenju požara, iz oblasti primjene uređaja i opreme novijeg datuma, iz oblasti upotrebe novijih hemijskih preparata za gašenje šumskih požara, itd. Sveke godine, bar dva puta, treba pripremati radna savjetovanja i prosvjetna znanja (anketiranjem), te dopunsko obrazovanje putem predavanja, filmova, dijapozitiva i na druge načine, kako bi se nivo znanja stalno podizao. Treba insistirati da kadrovi zaduženi za šumske požare budu pretplaćeni na stručne časopise, da u njima saraduju i da im se omogući korišćenje i strane literature.

Tamo gdje su požari relativno česti, neophodno je vršiti uvježbavanje ljudstva svrstanog u vodove i čete, kako bi se brzina izvođenja određenih radnih operacija stalno usavršavala, a sposobnost u korišćenju uređaja i opreme dovela do savršenstva. Nepripremljeni ljudi i oni koji ne znaju svoje zadatke mogu da uspore akciju, unesu zabunu i stvore utisak da se poslovi odvijaju po planu, a stvarni efekat može da bude znatno ispod očekivanja.

U prethodnim nastavcima bilo je detaljnije riječi o plamovima za borbu protiv požara i njihovim sadržajima. Treba istaći da je neophodno njihovo stalno dopunjavanje i ažuriranje u smislu uključivanja lokaliteta koji postaju potencijalna požarišta, kao i u pogledu izmjena organizacije, opreme i uređaja i drugih dopuna koje su neophodne sa gledišta usavršavanja osmatranja, uzbuđivanja, komandovanja i drugih poslova i zadataka.

U SR Hrvatskoj se pristupilo automatskoj obradi podataka o šumskim požarima s ciljem da se dobiju poduzdani pokazatelji o svim bitnim aspektima mjesta nastanka požara, danu nastanka, satu nastanka, vremenu trajanja, uzrocima nastanka i ostalim relevantnim činjenicama.

U SR Bosni i Hercegovini je posljednjih godina održano više savjetovanja na temu požara uopšte, pa prema tome i šumskih, ali se osjeća potreba za kompleksnijim proučavanjem svih bitnih aspekata ovog značajnog stručnog i društvenog problema, naročito ako se uzme u obzir da se posljednjih godina podižu šumske kulture četinarima na velikim površinama, a da se istovremeno ne preduzimaju nikakve preventivne mjere u pogledu prostorne izgradnje objekata.

## ORGANIZACIJA PROTIVPOŽARNE SLUŽBE U FUNKCIJI DRUŠTVENE SAMOZAŠTITE

Nekada je zaštita šuma od požara bio gotovo isključivi zadatak šumarskih organizacija koje su, kao upravljači šumama u društvenom vlasništvu, bile obavezne da organizuju čuvanje i zaštitu šumskog fonda. Saznanja o ulozi i društvenom značaju šuma kao dobra od opšteg interesa, kao i zadaci društvene zajednice sa gledišta društvene samozaštite, daju poslovnima zaštite šuma širi karakter, zbog čega ona postaje, u ovom smislu, prvenstveni društveni zadatak s osnovnom motivacijom: sačuvati prirodne i radom stečene vrijednosti našeg društva.

Brojni primjeri uspješne zaštite šuma od požara širom naše zemlje, a posebno na Jadranu, najbolje govore o tome kolika je spremnost radnih ljudi i građana da se organizovano bore protiv ove prirodne stihije.

Primjer Makarske u kojoj su se na zajedničkom poslu našli šumari, je-

dinice opštenarodne odbrane i društvene samozaštite, jedinice civilne zaštite, vatrogasne jedinice i druge organizovane subjektivne snage, najbolje ilustruje snagu našeg socijalističkog društvenog uređenja i njegove realne mogućnosti. Makarska, kao jedna od najšumovitijih opština na Jadranu, već godinama uspješno vodi brigu i borbu protiv požara, svjesna činjenice da su joj, pored morskog obale i čistog mora, šume jedan od bitnih preduslova za turizam. Ljepote pejzaža, prijatna hladovina u ljetnim mjesecima, suh i zdrav vazduh sa prijatnim mirisom smole četinarima, predstavljaju ugođaj koji se ne može nadomjestiti nikakvim vještačkim komforom.

Treba istaći da je u Makarskoj kompletna organizacija postavljena tako funkcionalno da svi činioци stupaju u akciju na dati znak zabune. Što je takođe značajno, ovdje su u stalnom pokretu patrolna kola čije ljudstvo gasi tek nastale male požare, otkriva izazivača požara i javlja centru — Sumskom gospodarstvu Makarska, o potrebi daljih intervencija. Najugroženiji dio područja je »pokriven« osmatračnicama. Sistem obavještanja je tako postavljen da se sve informacije prenose preko više kanala i dolaze u glavni punkt. Građani organizovani u jedinice društvene samozaštite u vrijeme mogućnosti izbijanja požara (dio juna, jul, avgust i dio septembra) dežuraju svih 24 sata tako da je iznenađenje svedeno na najmanju mjeru.

Sličnih primjera ima još, ali bi bilo korisno proučiti iskustva Makarske. Druge zemlje daju znatna sredstva za izviđanje i detekciju (avioni, helikopteri, izviđačke patrolne). Dobrim organizovanjem, u uslovima naših društvenih odnosa i visoke svijesti i odgovornosti građana koji brane svoje šume, svoje kuće, svoj mir, slobodu, sigurnost, moguće je postići izvanredne rezultate. Politika borbe protiv požara treba da počiva na organizovanju i stalnoj, dobro usmjerenoj i



Jugoslavije podižu brojne četinarske kulture bez unaprijed formiranih pro-  
tivotpornih puteva, pruga, tampon-  
zona i slično, što će u bliskoj budućnosti  
zahtijevati da se pitanjima požara  
ozbiljnije pozabavimo.

Materialna sredstva za funkcionir-  
sanje jedinstvenog sistema opažanja,  
obavješćavanja, uzbunjivanja i hitnih  
intervencija, mogu se obezbijediti iz  
raznih izvora i ona u principu ne bi  
trebalo da budu velika. Nabavka četiri  
aviona za gašenje požara, u čijem  
finansiranju su učestvovala sve repu-  
blike, još jedan je dokaz da smo kao  
jedinstvena jugoslovenska zajednica  
spremni da problemima šumskih po-  
žara posvetimo najozbiljniju pažnju.

Jedna od bitnih aktivnosti za dalji  
razvoj i usavršavanje prakse i nauke  
zaštite šuma od požara je brži i kva-  
litetniji razvoj naučnoistraživačkog  
rada i osposobljavanje mladih kadrova  
u toj oblasti, kako bi se vlastita isku-  
stva mogla dalje razrađivati i dopu-  
njavati iskustvima drugih zemalja.

aktivnoj društvenoj samozaštiti u ko-  
joj će biti precizirane obaveze svih  
društvenih subjekata i pojedinaca.  
ašem društvu je veoma stalo do šu-  
ma, jer su njihove privredne i opšte-  
rnušvene vrijednosti neprocjenjive.  
Ako bismo slijedili bogata iskustva  
zemalja u kojima su požari relativno  
rjeđi, morali bismo što prije organizo-  
vati republički i regionalne štabove za  
obranu protiv šumskih požara, a niže  
odimice bi bili opštinski štabovi, odno-  
sno štabovi radnih organizacija udru-  
ženog rada šumarstva. Naravno, mo-  
učea je i organizacija drugog tipa, ali  
na mora biti sa čvrstim horizontalnim  
vertikalnim vezama, efikasna, komu-  
nikativno povezana, temeljena na  
matranjima terena, mjerenjima, pro-  
nozama. To što posljednjih godina u  
ontamentalnom dijelu naše zemlje  
smo imali veće i brojnije požare ne  
mije da nas dezangazuje u pravcu  
alne brige za preventivnim djelova-  
nem. Već je i u ovom radu rečeno  
i se u SR Bosni i Hercegovini i širom

## LITERATURA

- Bojadžić, N.: *Mjere zaštite od požara u šumama i kulturama četinara*, »Narodni šumar«, br. 1—2, Sarajevo, 1967.
- Vajda, Z.: *Nauka o zaštiti šuma*, »Školska knjiga«, Zagreb, 1974.
- Vincent J. M. Gervais: *Korišćenje aviona u zaštiti šuma*, Beograd, 1980. (prevod sa engleskog)
- Živojinović, S.: *Zaštita šuma*, »Naučna knjiga«, Beograd, 1958.

Zagrijavanje kablova niskog napona strujama kratkog spoja, koje kroz njih  
protiču, može često da bude uzrok uništenja kabla ili paljenja prisutnih zapra-  
ljivih materijala i eksplozivnih smjese plinova i para sa vazduhom. Provjera  
svih kablova na kratkospojna naprezanja zahtijeva dosta rada i znatno pro-  
dužava vrijeme projektovanja. U ovom radu se pokušalo doći do rezultata  
koji bi ovo vrijeme znatno skratili i smanjili broj kablova koje je potrebno  
provjeravati.

VLADIMIR KAPOR, dipl. inž. el.

## ODREĐIVANJE Približne Granične Dužine Niskonaponskih Kablova s Obzirom na Kratkospojna Termička Naprezanja

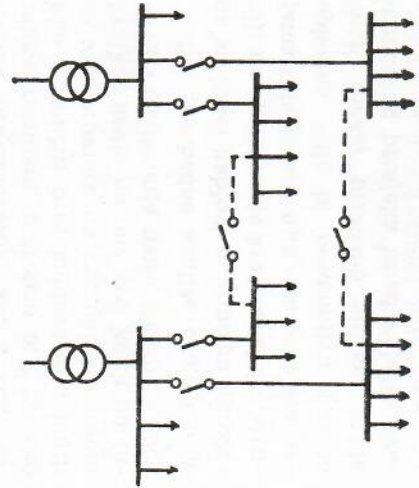
### 1. UVOD

Savremene industrijske mreže na-  
pajaju veći broj potrošača sa znatno  
većim prosječnim snagama u odnosu  
na odgovarajuće NN (niskonaponske)  
mreže iz ranijih perioda, zahvaljujući  
opštem razvoju tehnologije, povećanju  
kapaciteta i smanjenju učesća živoga  
rada u proizvodnji. Ovo je uslovlilo  
promjene u konfiguraciji mreža, pove-  
ćanje broja i presjeka kablova i snaga  
izvora, koji se, iz razumljivih razloga,  
lociraju što bliže težistima konzuma.  
Rezultat ovoga je i bitno povećanje  
prosječnih snaga kratkog spoja koji  
već često i u NN mrežama imaju limi-  
tirajući uticaj kod izbora konfiguracije  
mreže.

Najteži način smanjenja struja  
kratkog spoja u mreži radijalnog tipa  
je podjela mreže u više mreža na na-  
čin predstavljen na slici 1.

Nedovoljno dimenzioniranje ele-  
menata mreže za ovako narasle struje  
kratkog spoja može biti uzrokom ha-  
varija, a često može izazvati požare  
ili čak eksplozije u prostorima ugrože-  
nim zapaljivim ili eksplozivnim medi-  
jima.

Dimenzioniranje rasklopnih postro-  
jenja, razvodnih ormara, sabirnica  
opreme, itd. obično se kvalitetno obra-  
đuje projektnim rješenjima. Međutim,  
dimenzioniranje kablova kao najraspro-  
stranjenijih elemenata često još ne do-  
bija odgovarajući značaj. Možemo reći  
da dimenzioniranje kablova na dje-  
stvo struje kratkog spoja, kao krite-  
rij za njihov izbor, ponekad, u snaž-  
nim mrežama, ima značaj veći od  
ustaljenih kriterija o kojima se u  
praksi najčešće vodi računa.



Slika 1.  
Smanjenje struje kratkog spoja podjelom  
mreže na dva dijela — dvije mreže



## 2. ODREĐIVANJE TERMIČKE STRUJE KRATKOG SPOJA U NN INDUSTRIJSKOJ MREŽI

Naprezanja usljed kratkog spoja mogu biti termička i dinamička. Prve određuje struja  $I_t$  koja predstavlja efektivnu vrijednost struje mjerodavnu za termička naprezanja, a druge za dinamička naprezanja, a druge struja  $I_{dm}$  koja predstavlja udarnu struju kratkog spoja. Prema literaturi [1, 2], višezilni kablovi koji izdrže termička naprezanja podnose lako i dinamička naprezanja, posebno ako se ima u vidu da kod visokih struja nastupa «rezanje» struje djejestvom osigurača. Dakle, može se zaključiti da je za dinamičko naprezanje kablova u režimu kratkog spoja mjerodavno samo termičko naprezanje pod djejestvom kratkospoj- ne struje.

Provjera svih kablovskih ogranaaka kratkospojnim strujama predstavlja nukostrpan i dugotrajan proces. Uopšte, povećanje zahtjeva, koji se pred projektanta industrijskih niskonaponskih mreža postavljaaju, vodi sve većoj neophodnosti primjene elektroničkih računara za pojedine faze ovog projektovanja. Njihova primjena omogućava povećanje tačnosti proračuna, smanjenje potrebnog vremena projektovanja, fiksasnije iskorištenje projektantskog kadra i izbor optimalne varijante rješenja. Međutim, i u varijanti klasičnog računara projektovanja, kao i kod primjene računara, potrebno bi i korisno bilo ograničiti broj kablova kod kojih se vrši provjera na zagrijavanje strujom kratkog spoja na one kod kojih do ovog zagrijavanja može stvarno i doći.

Bez prethodne analize očigledno je da su kraći kablovi u principu ugroženiji na ugrijavanje kratkospojnim strujama i da je kod njih ova provjera nepo- hodna. Bilo bi nesumnjivo korisno nati, makar približno, dužinu kabla određenog presjeka iznad koje se ova- va provjera ne mora vršiti. Time bi e broj potrebnih proračuna i vrijeme projektovanja znatno smanjili.

Prema literaturnim podacima, u niskonaponskoj mreži maksimalne struje predstavljaju struje trofaznog kratkog spoja. Način izračunavanja ovih struja neće se ovdje posebno obrađivati.

Međutim, biće govora o uticaju asinhronih motora i kompenzacije ja- love energije na struju kratkog spoja.

Za razliku od distributivnih, indu- strijske mreže sadrže veliki broj asin- hronih motora koji tu predstavljaju dominantnog potrošača. Ovi se motori u slučaju kratkog spoja, za vrijeme od 0,03 do 0,3 sekunde ponašaju kao gene- ratori i time povećavaju struje krat- kog spoja. Ovo povećanje početne stru- je kratkog spoja može iznositi i do 400% u odnosu na struju koja bi pote- kla bez uticaja asinhronih motora. Me- đutim, uticaj asinhronih motora teško se egzaktno može uzeti u račun, jer bi bilo potrebno poznavati sve karak- teristične impendanse motora i uticaj prigušenja dodatnih struja nastalih pod djejestvom motora koje se dešava u kablovima. Prema preporukama po- jedinih autora, koje su ušle u regula- tivu nekih zemalja, uticaj asinhronih motora na početnu kratkospojnu stru- ju može se dovoljno tačno odrediti ta- ko da se svi motori predstavte jednim ekvivalentnim motorom priključenim direktno na sabirnice izvora. Snaga ovog motora bila bi jednaka snazi svih stvarnih motora zajedno, a struja po- kretanja ovog motora bila bi jednaka petostrukom iznosu sume nazivnih struja stvarnih motora. Impendansa ovog ekvivalentnog motora bila bi jednaka:

$$X_M = \frac{1}{5} \sqrt{3 \sum I_n} \quad (1)$$

Kondenzatori za kompenzaciju ja- love energije na niskom naponu utiču takođe na povećanje struje kratkog

spoja. Međutim, uticaj ovih uređaja može se praktično zanemariti.

Poslije određivanja početne struje kratkog spoja nalazimo, prema litera- turi [4], vrijednost efektivne struje krat- kog spoja iz približne relacije:

$$I_t = I_k \sqrt{m^2 + n^2} \quad (2)$$

gdje član  $m$  određuje uticaj istosmjernje struje kratkog spoja, a član  $n$  uticaj izmjenične komponente udarne struje kratkog spoja na zagrijavanje. Prema zapadnonjemačkim standardima efek- tivna struja kratkog spoja, mjerodavna za zagrijavanje, dobije se iz izraza:

$$I_t = I_k \sqrt{1 + m},$$

$$m = \frac{1}{t} \frac{X''_d}{R} \left( 1 - e^{-\frac{2\omega R}{X''_d} t} \right) \quad (3)$$

TABELA 1

Dozvoljeno zagrijavanje kratkospojnim strujama kablova (°C)

Vrsta izolacije	FKS	VDE	TGL
Kablovi sa plastičnom izolacijom	—	160	180
Kablovi sa izolacijom od impregnisanog papira	160	140	200

Temperatura prije nastanka krat- kog spoja uzima se 65°C. Uvažavajući pretpostavku da za vrijeme trajanja kratkog spoja nema odvođenja toplote,

$$\Delta \delta = \delta - \delta_1 = \frac{\rho}{\gamma \cdot C} \left( \frac{I_t}{S} \right)^2 \cdot t = k \left( \frac{I_t}{S} \right)^2 t \quad (4)$$

gdje su:

- $\delta$  — temperatura vodiča poslije dje- lovanja kratkog spoja,
- $\delta_1$  — temperatura vodiča prije nastan- ka kratkog spoja,

Članovi  $m$  i  $n$  iz izraza (2) dobiju se iz dijagrama po literaturi [1, a R i X''<sub>d</sub> iz izraza (3) predstavljaju aktivni ot- por i početnu reaktansu mreže a t tra- janje kratkog spoja.

## 3. OPTERETIVOST KABLOVA STRUJAMA KRATKOG SPOJA

Dozvoljeno zagrijavanje vodiča strujama kratkog spoja znatno je veće od dozvoljenog zagrijavanja u trajnom režimu. U tabeli 1 date su vrijednosti dozvoljenih temperatura vodiča pod dejstvom kratkog spoja prema podaci- ma Fabrike kablova Svefozarevo, VDE i TGL propisima. U tabeli su dati po- daci za niskonaponske kablove i za ne- ke više naponske nivoe.

- srednja vrijednost specifične ot- pornosti materijala vodiča u in- tervalu temperatura od  $\delta_1$  do  $\delta$  (Ωmm<sup>2</sup>/m),
- C — specifična toplota materijala vo- diča (Ws/kg°C),



— gustina materijala vodiča ( $g/mm^3$ ),  
 — termička struja (A),  
 — trajanje kratkog spoja (s).

U praksi se najčešće ranije odabran bl, na osnovu ostalih kriterija, prera na kriterij zagrijavanja izrazom efektivnom strujom kratkog spoja, u vremenu za koje zaštitni uređaj prekine tu struju. Drugim riječima, određuje se presjek kabla koji će, pod dejstvom struje kratkog spoja, biti za vrijeme trajanja kratkog spoja, biti zadovoljan na graničnu temperaturu prema tabeli 1. Ukoliko je ovako određen presjek manji ili jednak presjeku koji je određen na bazi ostalih kriterija, kabl zadovoljavati na termička naprezanja u kratkospojnom režimu. Ukoliko je ovako izračunati presjek veći od presjeka određenog drugim kriterijima kabl će, pod dejstvom struje kroz njega protiče, u slučaju kratkog spoja biti zagrijan više od dozvoljenih vrijednosti.

Granični presjek mjerodavan za ugađavanje strujom kratkog spoja može dobiti iz izraza (4) kao:

$$S = I_t \sqrt{\frac{\rho \cdot t}{\Delta \cdot \gamma \cdot C}} \quad (5)$$

Oznake iz relacije (5) imaju isto značenje kao i odgovarajuće u obrascu 1. Srednja specifična otpornost vodiča temperaturnom intervalu  $\Delta \delta$  može približno izračunati polazeći od prethodne stavke linearne promjene otpora u vremenu  $\Delta \delta = \delta_2 - \delta_1$  iz izraza:

$$= \rho_{20} \left[ 1 + \alpha \left( \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} - 20 \right) \right] \quad (6)$$

Jasno je da promjena specifične otpornosti sa temperaturom nije sasvim linearna ali se može ocijeniti da ova promjena greška nije veća od 1% koja se može zanemariti. Srednja specifična

ma postoje zapaljive materije ili eksplozivne smješe.

Iz prakse je poznato da su kablovi manjih dužina podložni prekomjernom zagrijavanju pod dejstvom kratkog spoja, dok su duži kablovi neosjetljiviji na ovakva naprezanja. Uzrok tome je što u kabl sa povećanjem dužine dolazi do gušenja struje kratkog spoja. Bilo bi korisno poznavati granične dužine kablova poslije kojih je gušenje struja kratkog spoja toliko da je zagrijavanje kablova tolerantno. Tada bi bila nepotrebna provjera zagrijavanja dejstvom kratkog spoja za sve kablove čija je dužina veća od granične. Ovim bi se broj provjera reducirao, čime bi se postigle znatne uštede u vremenu projektovanja, odnosno povećala bi se sigurnost mreže i smanjila vjerovatnost požara ili eksplozija u ugroženim prostorima. Poznavanjem ovakvih graničnih dužina mogli bismo čak izbjeći ovu provjeru, jer bi se instalirali kablovi dužina većih od graničnih za određeni presjek. Naravno ove granične dužine zavise od mnogo faktora, kao što su:

- vrijeme isključenja kratkog spoja,
- snage kratkog spoja na mjestu priključka kabla,
- vrste tipa i presjeka kabla.

Vrijeme isključenja nije uvijek lako unaprijed odrediti, jer ono zavisi od karakteristika uređaja kod strujno zaštitnih uređaja, odnosno o posebnom vremenu kod strujno nezavisnih uređaja.

Očigledno je da povećanje brzine djelovanja zaštitnih organa vodi smanjenju kratkospojnih naprezanja i povećanju onštete i protivnožarne sigurnosti.

sti mreže. Međutim, smanjenje vremena isključenja limitirano je tehničkim mogućnostima zaštitnih uređaja kao i razlozima selektivnosti djelovanja.

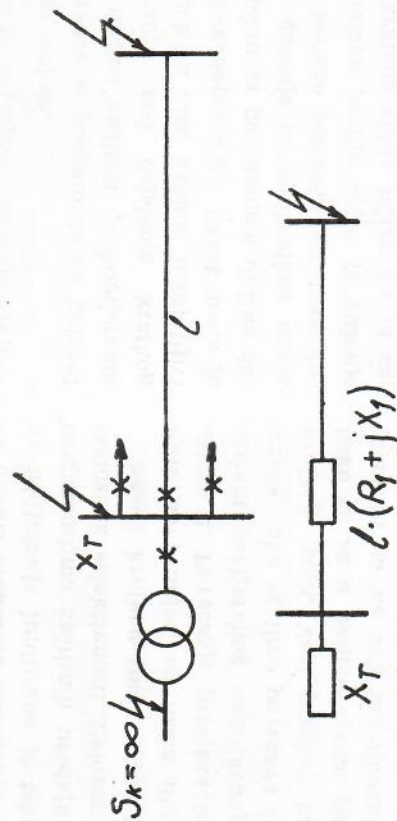
Snagu kratkog spoja možemo smanjiti, na primjer, na način ilustrovan sliksom 1. Povećanje presjeka kabla u slučaju pretjeranog zagrijavanja ima smisla, iako se time povećava i struja kratkog spoja. Veći presjeci kablova, kako će se u daljem tekstu pokazati, otporniji su na ova zagrijavanja, posebno kad su priključeni na tačku reducirane snage kratkog spoja. Osim toga, predviđeni strujno zavisni zaštitni organ prekinuće ovu veću struju u kratkom vremenu, čime će se smanjiti i termička naprezanja.

#### 4. Približne granične dužine NN kablova obzirom na zagrijavanje strujom kratkog spoja

Određivanje približnih dužina kablova, koji se nalaze upravo na granici dozvoljenih naprezanja na zagrijavanje strujom kratkog spoja, izvršićemo pod sljedećim pretpostavkama:

- Kablovi su priključeni direktno na sabirnice transformatorske stanice SN/0,4 kV i predstavljaju elemente radialne NN mreže;
- Snaga kratkog spoja srednjenaonske mreže je beskonačna;
- Trajanje struje kratkog spoja na kraju kabla je 1 s;
- Efektivna termička struja kratkog spoja jednaka je efektivnoj vrijednosti trajne struje kratkog spoja;
- Granična dužina određuje se za kablove sa bakarnim vodičima i izolacijom od PVC mase.





Slika 2.  
Odsjajanje graničnih dužina NN kablova u odnosu na zagrijavanje strujom kratkog spoja

U daljem tekstu pokušaćemo varirati pojedine od parametara, kao snagu i kratkog spoja, brzinu prekidanja kratkog spoja i slično.

Uzmemo li u obzir navedenu pretpostavku, termička struja kratkog spoja može se dobiti iz izraza:

$$I_t = I_k = \frac{1,1U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (9)$$

$$Z_g = \frac{2212}{S} \text{ (m}\Omega\text{)} \quad (11)$$

Jednakost  $I_k = I_t$  u niskonaponskoj mreži praktično ispunjena. Pretpostavka  $I_t = I_k$  unosi određenu netočnost u proračun; međutim, analizomacije (3) može se ustanovi da je učina greška tolerantna.

Iz izraza (8) može se napisati:

$$S = 8,7 I_t \sqrt{t} = 8,7 \frac{1,1U}{\sqrt{3} Z} = 5,53 \frac{U}{Z} \quad (10)$$

ABELA 2

Granične impedanse NN kablova u zavisnosti od presjeka

(mm <sup>2</sup> )	400	300	240	185	150	120	95	70	50	35	25	16	10
g(mΩ)	5,53	7,373	9,217	11,96	14,75	18,43	23,28	31,6	44,24	63,2	88,48	138,25	221,2

Očigledno je da će granična dužina kabla bitno zavistiti od impedansi kratkog spoja na mjestu napajanja kabla. U prvom trenutku određivanje granične dužine provešćemo pod pretpostavkom da su kablovi priključeni na tačku beskonačne snage kratkog spoja, odnosno da struju kratkog spoja određuje samo impedansa kabla. Tada se granična dužina kabla može dobiti iz jednostavnog izraza:

$$l_g = \frac{Z_g}{\sqrt{R_1^2 + X_1^2}} \quad (12)$$

gdje su:

$l_g$  — granična dužina kabla s obzirom na zagrijavanje strujom kratkog spoja (m),

$Z_g$  — granična impedansa kratkog spoja iz tabele 2 (mΩ),

$R_1$  — srednja otpornost vodiča kabla po dužini u temperaturnom intervalu 65—160°C (mΩ/m),

$X_1$  — jalova otpornost kabla po dužini (mΩ/m).

Srednje otpornosti vodiča po dužini za određene presjeke, izračunate po obrascu (6), date su u tabeli 3. Za osnovu su uzete otpornosti vodiča kabla raznih presjeka po jedinici dužine, prema literaturi 1, na 20°C.

TABELA 3

Srednje otpornosti vodiča kabla raznih presjeka po jedinici dužine u temperaturnom intervalu 65—160 °C

S [mm <sup>2</sup> ]	400	300	240	185	150	120	95	70	50	35	25	16	10
R <sub>sr</sub> [mΩ/m]	0,077	0,0945	0,115	0,145	0,175	0,216	0,268	0,359	0,498	0,704	0,982	1,52	2,43

Podaci iz tabele 3 računati su za su dati u mΩ/m, u skladu sa ranije navedenim pretpostavkama, izračunate

Na osnovu ovih vrijednosti, kao i granične dužine date su u tabeli 4. Ove na osnovu vrijednosti induktivnih otpora NN kablova prema literaturi 1, koji čak na sabirnice beskonačne snage.

TABELA 4

Granične dužine NN kablova sa Cu vodičima i PVC izolacijom tipa PP 45 s obzirom na zagrijavanje kratkospojnom strujom u slučaju priključka na sabirnice beskonačne snage

S [mm <sup>2</sup> ]	400	300	240	185	150	120	95	70	50	35	25	16	10
lg [m]	52,12	61,74	67,4	73,44	77,45	80,62	83,58	86,06	87,63	89,16	89,76	90,8	91

Iz prethodne tabele evidentno je da granična dužina pada sa povećanjem presjeka. Granična se dužina u ovom slučaju mijenja od približnih 50 m, da bi se kod nižih presjeka ustalila na vrijednostima od približno 90 m. Ukoliko bi kratki spoj nastupio u trenutku kad je kabl podopterećen, odnosno kad je u praznom hodu, zagrijavanje bi se razlikovalo od prethodnog. Tada bi početna temperatura bila niža od 65°C, pa bi podnosiva struja prvi



stima uslovima bila veća. Veliki broj NN kablova je veći dio svog životnog doba podopterećen, tako da postoji znatna vjerovatnost da će kratki spoj nastupiti u trenutku kad su vodiči zagrijani ispod 65°C. U tom će slučaju granična dužina nesumnjivo biti manja. Ukoliko je, na primjer, temperatura vodiča prije nastanka kratkog spoja bila 30°C, tj. ukoliko je kabl praktično bio u praznom hodu, minimalni presjek kabela po kriterijumu zagrijavanja u kratkom spoju bio bi:

$$S = 7,25I_1 \sqrt{t} \quad (13')$$

Ovaj je izraz za kablove sa bakarnim vodičima i PVC izolacijom dobijen na analogan način, kao i (8), iz elacija (5-8). Faktor povećanja srednje otpornosti vodiča po jedinici dužine u

intervalu od 30—160°C dobije se iz obrasca (6) i iznosi 1,2925, pa, uzimajući ovo u obzir, granična dužina kablova priključenih na tačku beskonačne snage sa temperaturom vodiča, prije nastanka kratkog spoja od 30°C iznosi:

$$l_{g30} = \frac{1841,8}{S \cdot \sqrt{R_1^2 + X_1^2}} \text{ uz } Z_g = \frac{1841,8}{S}$$

$l_{g30}$  — granična dužina kabela uz prethodno zagrijavanje vodiča na 30°C.

$R_1$  — srednja otpornost vodiča u intervalu 30—160°C.

Na osnovu ovoga izračunati su, i u tabeli 5 prikazani rezultati za granične dužine za neke od presjeka.

TABELA 5  
Granične dužine kablova kod priključka na tačku beskonačne snage i početnu temperaturu od 30°C

S (mm <sup>2</sup> )	400	240	150	50	25	10
l (m)	44,5	58,2	67,3	76,7	78,6	79,8

Zagrijavanje je kod prethodnog podopterećenja manje, ali se ovo ne treba uzimati u obzir, jer je opterećenje kabela prije nastanka kratkog spoja teško predvidjeti. Ovim je jedino bezbjeden izvjestan faktor sigurnosti.

Priključenje na tačku beskonačne snage predstavlja grubu fikciju, pa ćemo sada pokušati doći do podataka o graničnim dužinama u slučaju priključka kabela na tačku realne konačne snage kratkog spoja.

Pokušaćemo izračunati graničnu impendansu kratkog spoja u ovom slučaju.

Smatramo li da je kabl priključen na sabirnice transformatorske stanice, tada se granična impendansa sastoji od

$$l_g = \frac{\sqrt{Z_g^2 \cdot Z_1^2 - R_1^2 \cdot X_T^2 - X_T \cdot X_1}}{Z_1^2} \quad (15)$$

U tabeli 6 date su granične dužine kablova u slučaju:

- a) priključka na sabirnice transformatorske stanice snage 2 x 1250 kVA,
- b) priključka na sabirnice transformatorske stanice snage 630 kVA.

TABELA 6

Granične dužine kablova u slučaju priključka na sabirnice transformatorske stanice snage:

$$\begin{aligned} \text{a) } & \text{— } 2 \times 1250 \text{ kVA} & Z_T = X_T = 2,75 \text{ m}\Omega, \\ \text{b) } & \text{— } 630 \text{ kVA} & Z_T = X_T = 11 \text{ m}\Omega. \end{aligned}$$

S mm <sup>2</sup>	400	300	240	185	150	120	95	70	50	35	25	16	10	
lg [m]	a	30,77	44,91	54,4	64,2	70,6	75,9	80,94	84,2	86,6	88,6	89,5	90,7	90,9
lg [m]	b	—	—	—	11,4	33,6	50,8	63,7	74,6	81,5	86	88,1	90,1	90,7

U poređujući tabele 6 i 4, može se zaključiti da je uticaj snage kratkog spoja na sabirnicama, odnosno nazivne snage transformatora, znatan kod većih presjeka, dok kod manjih presjeka igra malu ulogu. Ovo je i razumljivo kada se ima na umu da su impendanse kablova nižih presjeka dominantne, u odnosu na impendansu transformatora, tako da samo one praktično određuju struju kratkog spoja.

Ukoliko je kabl priključen na bilo koju tačku mreže koja ima snagu kratkog spoja, koju možemo predstaviti induktansom  $X_k$ , granična dužina može se dobiti uvrštenjem  $X_k$  na mjesto  $X_T$  u izrazu (15). Na slici 3 predstavljene su granične dužine zavisno od presjeka kabela kao parametru i o induktansi koja aproksimira uticaj mreže na snagu kratkog spoja na mjestu priključka kabela. Ovom je slikom ilustriran uticaj snage kratkog spoja na mjestu priključka kabela na njegovu graničnu dužinu.

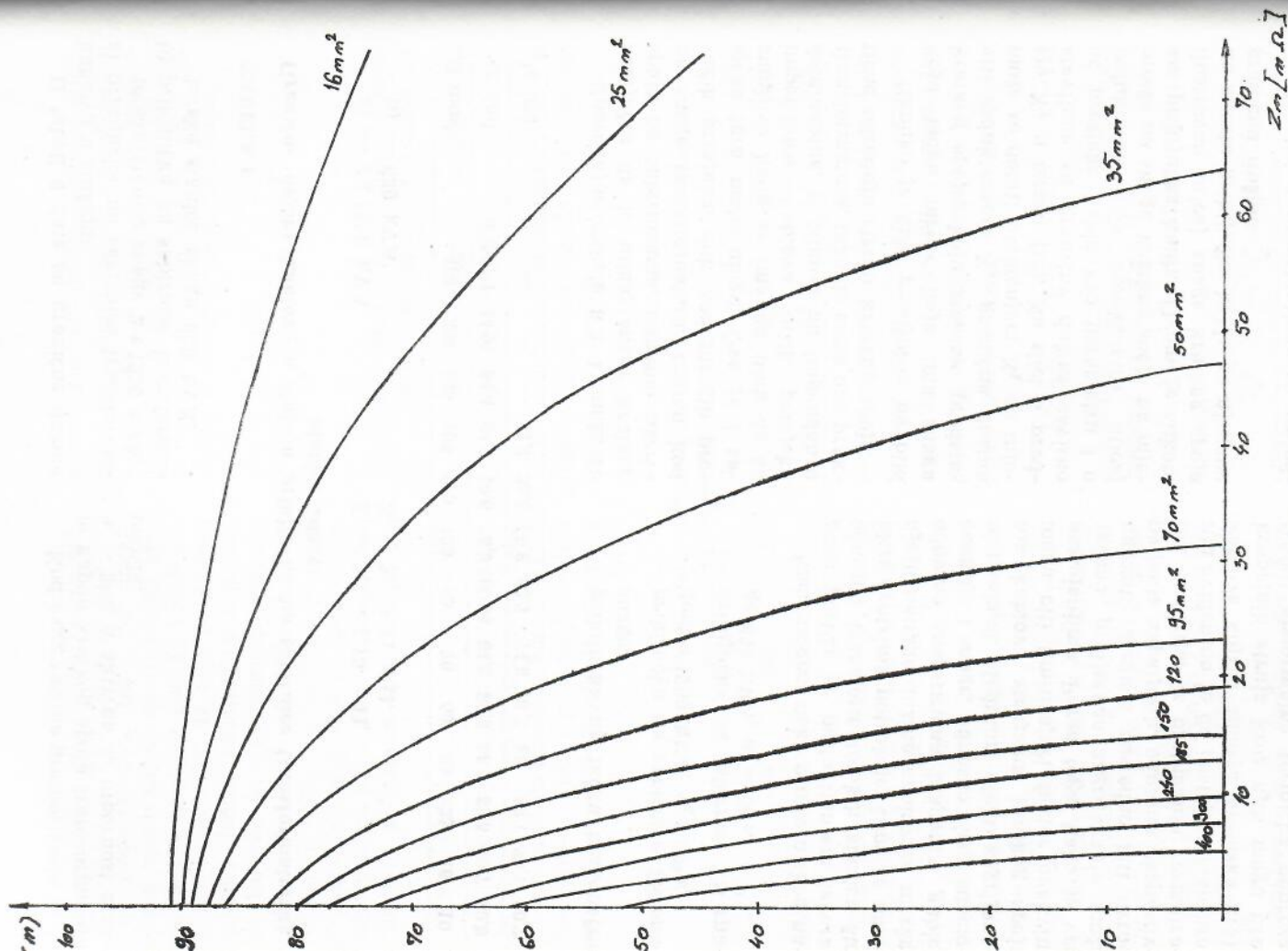
Na slici 4 predstavljene su vrijednosti graničnih dužina u zavisnosti od presjeka kabela za slučaj:

Kod ovog računa pretpostavilo se da je napon kratkog spoja transformatora  $u_k = 5\%$ , a aktivna se otpornost zanemarila.

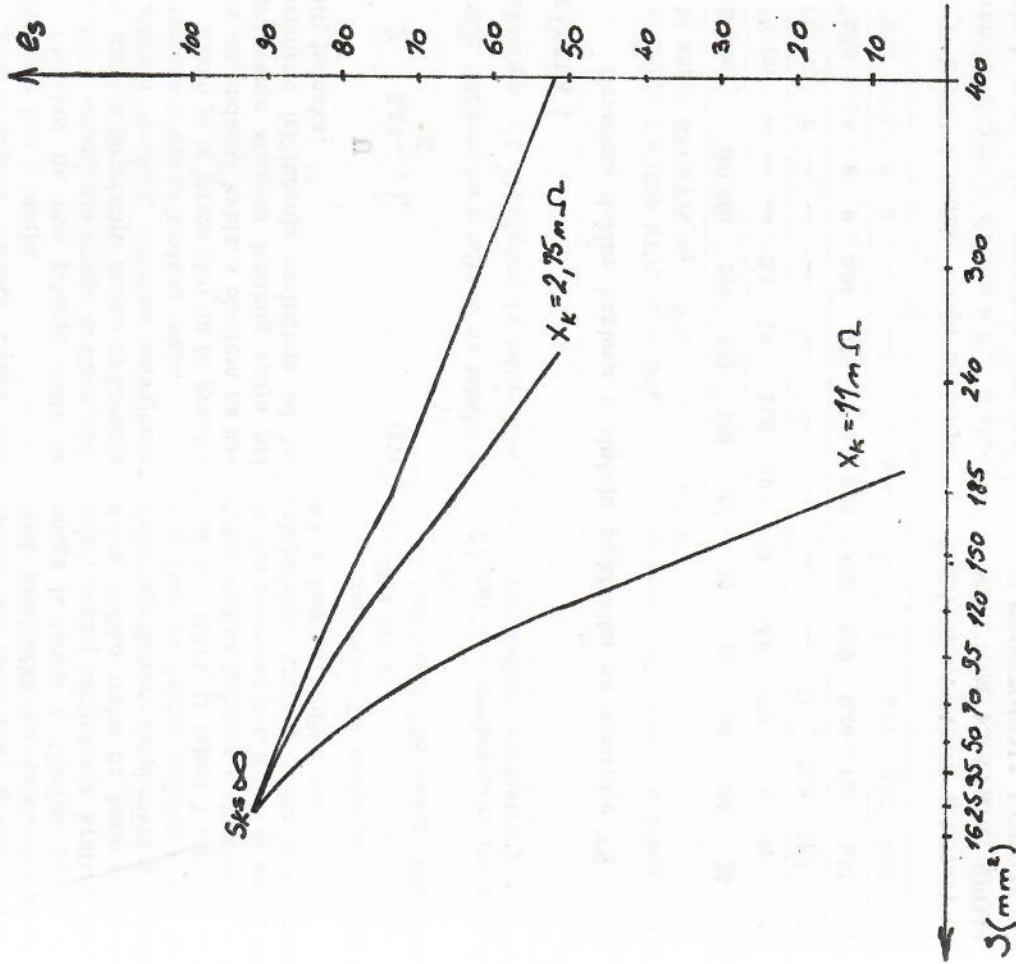
- priključka na tačku beskonačne snage,
- priključka na sabirnice TS snage 2 x 1250 kVA,  $u_k = 5\%$ ,
- priključka na sabirnice TS snage 630 kVA,  $u_k = 5\%$ .

Racionalnost neke mreže niskog napona postiže se postavljanjem izvora, odnosno transformatorskih stanica što bliže centrima potrošnje, čime se umanjuju ukupne dužine kablovske mreže, odnosno investiciona ulaganja, gubici energije i snage, odnosno eksploatacioni troškovi. Međutim, efekti zagrijavanja kablova strujama kratkog spoja mogu biti limitirajući faktor ovakvim nastojanjima. Pored toga, kako je već rečeno, pretjerano zagrijavanje može ugroziti mrežu i posredno biti uzrok paljenja zapaljivih, odnosno eksplozivnih materija. Iz prethodnih razmatranja evidentno je da postoji znatan broj kablova koji u slučaju prolaska kratkospojnih struja kroz njih mogu pretrpjeti abnormalna termička naprezanja, a da granična dužina zavisi i od snage kratkog spoja na mjestu priklju-





Slika 3. Promjena granične dužine kabla u zavisnosti o induktansi mreže na mjestu priključka



Slika 4.

Promjena granične dužine kabla u funkciji presjeka kod priključka na:

- tačku beskonačne snage,
- tačku sa induktansom 2,75 mΩ (2 x 1250 kVA),
- tačku sa induktansom 11 mΩ (630 kVA).

čka kabla. Ukoliko tu snagu možemo  $Z_k = R_k + jX_k$  granične se dužine mo- predstaviti impendansom u obliku gu dobiti kao:

$$l_g = \sqrt{2R_k R_l X_k X_l + Z_g^2 Z_l^2 - R_l^2 X_k^2 - X_l^2 R_k^2} - R_k R_l - X_k X_l$$



Upotrijebljene oznake imaju isto značenje kao i ranije.

Odgovor na ovo pitanje može se ažiiti u smanjenju struja kratkog spoja, kao i u povećanju brzine djelovanja zaštitnih uređaja, odnosno smanjenju vremena trajanja kratkog spoja.

Jasno je iz izraza (10) da će granični impendansa kabla, s obzirom na zahtijevanje strujom kratkog spoja pri vremenu isključenja različitom od 1 s, biti jednaka:

$$Z_g = 5,53 \sqrt{t} \quad (17)$$

Uz to, reducirana u odnosu na tabelu 2 faktorom  $\sqrt{t}$ . Očigledno će istim fak-

#### TABELA 7

Granične dužine kablova u slučaju priključka na sabirnice TS

S mm <sup>2</sup>	400	300	240	185	150	120	95	70	50	35	25	16	
l'g [m]	a	—	—	2,1	10	14,9	18,9	22	24,6	26,3	27,6	28	28,6
l'g [m]	b	—	—	—	—	—	—	—	14	21,8	25,1	27,4	
l'g/lg	a	0	0	0,04	0,16	0,21	0,25	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32
l'g/lg	b	0	0	—	—	—	—	—	—	0,17	0,27	0,28	0,3

U koloni 1 oznake imaju značenje:

a) dužine u slučaju a (l'g), u slučaju b, zatim odnos graničnih dužina u slučaju isključenja u vremenu od 1 s i

0,1 s iz tabele 6 i 7 ( $\frac{l'g}{l_g}$ ). Može se

stanoviti veliko smanjenje graničnih dužina kod isključenja u vremenu od 0,1 s koje kod ove reducirane snage može biti i veće od redukcije faktorom  $\sqrt{0,1} = 0,316$ . Ovo se može vidjeti odnosa u kolonama  $\frac{l'g}{l_g}$ . Vidljivo je

liko smanjenje termičkih naprezanja

torom biti reducirane granične dužine kod priključka na tačku beskonačne snage iz tabele 4. Ukoliko je, na primjer, brzina isključenja kratkog spoja 0,1 s, koliko treba da bude u prostoru rima ugroženim eksplozivnim smjesama, tada će faktor redukcije biti jednak  $k = 0,316$ . U tabeli 7 date su granične dužine kablova s obzirom na termička naprezanja u kratkom spoju kod isključenja kratkog spoja u vremenu 0,1 s kod priključka na:

— sabirnice TS snage 2x1250 kVA,

$u_k = 5\%$  (a), i

— sabirnice TS snage 630 kVA,

$u_k = 5\%$ .

Vrijede sve pretpostavke uzete u obzir u prethodnim razmatranjima.

prema našim propisima — na temperaturne klase zavisno od temperature paljenja u tabeli 8.

TABELA 8.

Temperaturna klasa	Maksimalno dozvoljena naćtemperatura uređaja °C	Plinovi i pare sa temperaturom paljenja °C
T1	410	450
T2	260	300
T3	160	200
T4	95	135
T5	60	100
T6	45	85

Temperatura vanjske površine kabla oćigledno zavisi od temperature vodića pod dejstvom kratkog spoja, kao i od vrste i debljine izolacije. Pod pretpostavkom da je temperatura izolacije jednaka temperaturi vodića pod dejstvom kratkog spoja, što je sigurno gruba aproksimacija, tada bi i dozvoljena temperatura u kratkom spoju mogla izazvati paljenje eksplozivnih smjesa temperaturnih klasa T<sub>6</sub>, T<sub>5</sub>, pa i T<sub>4</sub>. U ovim slučajevima dozvoljene temperature vodića, pod dejstvom kratkog spoja, treba da su niže od 160°C. Dakle, kriteriji definisani izrazom (8) u ovim bi uslovima vjerovatno morali biti stroži. U tom smislu trebalo bi, ukoliko proračuni i ispitivanja dokažu za potrebno, postaviti druge kriterijume za dozvoljenu naprezanje termičkim strujama kratkog spoja za kablove u prostorima ugroženim eksplozivnim smjesama temperaturnih klasa T<sub>6</sub>, T<sub>5</sub> i T<sub>4</sub>. Prije svega, treba odrediti maksimalnu dozvoljenu temperaturu vodića kabla u slučaju kratkog spoja, ukoliko kabl radi u atmosferi sa ovim temperaturnim klasama.

#### 6. ZAKLJUČAK

Iz ranijeg teksta moguće je, bar približno, odrediti koji su to kablovi koji mogu biti ugroženi na zagrijavanje strujom kratkog spoja. Može se zaklju-

čiti da nije potrebno provjeravati kablove čija dužina premašuje onu iz tabele 4, u kojoj su date granične dužine kablova prikljućenih na tačku beskonačne snage, ukoliko je vrijeme eliminacije kratkog spoja manje od 1 s. Ukoliko se ovo vrijeme bitno razlikuje od 1 s, kablovi bezbjedni, sa stanovišta zagrijavanja u kratkom spoju, biće oni čija je dužina veća od dužine iz tabele 4 korigovane faktorom  $\sqrt{t}$ .

Na ovaj način eliminisani su iz ove provjere mnogi kablovi u tipičnoj NN mreži. Provjera zagrijavanja kablova strujom kratkog spoja svodi se tada na preostali manji broj kablova. Ukoliko se želi i dalje smanjiti broj potrebnih provjera, tada se mogu izračunati impendanse kratkog spoja u tačkama priključka kabla, te iz krivulja na slici 3 ili sličnih dobivenih na bazi relacije (16) uporediti stvarne dužine kablova sa ovako dobivenim graničnim dužinama. Na ovaj način mogu se odrediti kablovi koji nisu ugroženi zagrijavanjem u kratkom spoju u tački koju napajaju, odnosno oni kojima, radi pretjeranog ugrijavanja, treba povećati presjek, smanjiti vrijeme djelovanja zaštitnog uređaja ili smanjiti struju kratkog spoja. U slučaju kad su dužine kablova bliske graničnim dužinama za određeni presjek i početnu impendansu kratkog spoja, potrebno je izvršiti provjeru zagrijavanja strujom kratkog spoja uzimajući u obzir sve faktore koji su



zanemareni u dosadašnjim razmatranjima.

Zbog grešaka koje su pojedina pojednostavljenja mogla unižeti u račun, dobivene rezultate treba pomnožiti jednim razumnim faktorom sigurnosti koji po autorovoj ocjeni ne treba precizirati 1,1—1,2.

Ukoliko se brzina reagovanja zaštitnih uređaja unaprijed zna (strujno nezavisni zaštitni uređaji), neophodna se provjera može izvršiti izračunavanjem impendanse kratkog spoja na kraju kabla i njenim upoređenjem sa granič-

nom impendansom iz tabele 2 (apsolutna vrijednost), uzimajući u obzir i faktor sigurnosti iz prethodnog stava.

Podaci izneseni u prethodnom tekstu često će omogućiti da se još prilikom projektovanja odabiraju kablovi koji neće biti ugroženi strujom kratkog spoja koja kroz njih protiče.

Takođe, ovi podaci mogu biti od koristi prilikom odluke o primjeni kablova ili šina za spoj između transformatora i NN postrojenja u transformatorskoj stanici.

FUAD MUDERIZOVIĆ, dipl. inž. el.

## LITERATURA

1. Kaiser Dragutin: *Elektrotehnički priručnik*, Zagreb, 1971.
2. Srb Vjekoslav: *Kabelska tehnika*, Zagreb, 1970.
3. Požar Hrvoje: *Visokonaponska rasklopna postrojenja*, Zagreb, 1973.
4. Klöckner Moeller: *Selektive Niederspannungsnetze mit Kurzverzögerten Leistungsschaltern*, VER 77—462 (4/69)
5. Buehler, H.: *Kurzschluss und Ueberlastschutz in Verteilnetzen, Grundlagen, Berechnungen und Schutzrichtungen*, Techn. Rdsch, 60, 1968.

Ukoliko se dosljedno primijene odgovarajuće odredbe Propisa o električnim postrojenjima na nadzemnim mjestima ugroženim od eksplozivnih smješa, kotlovnice ložene prirodnom plinom mogu se smatrati zanemarljivom sigurnosti. Ali, da bi se njihov prostor mogao zaista tako tretirati, a prema tome mogli ugraditi električni uređaji obične izvedbe, željeni stepen protueksplozijske sigurnosti treba obezbijediti: efikasnom ventilacijom prostora kotlovnice, upotrebom automatskih sigurnosnih gorionika i stalnom kontrolom zaprivenosti plinskih instalacija. A ventilacija prostora kotlovnica može biti: prirodna, mehanička ili kombinovana. U tom kontekstu je u ovom radu detaljno razrađena koncepcija izvedbe elektroinstalacija za sva tri moguća načina ventiliranja.

## KONCEPCIJA IZVEDBE ELEKTROINSTALACIJA U KOTLOVNICAMA LOŽENIM PRIRODNIIM PLINOM

### UVOD

Shodno tački 5.1. Propisa o električnim postrojenjima na nadzemnim mjestima ugroženim od eksplozivnih smješa (»Shužbeni list SFRJ«, br. 18/67 i 28/70) kotlovnica ložena zemnim plinom se smatra mjestom ugroženim od eksplozivnih smješa i kao takva svrstava u zonu opasnosti.

Tačka 5.7. istih Propisa definiše dopunski kriterij: »Zona sigurnosti je prostor u kome se ne mogu pojaviti eksplozivne smješe. U zonu sigurnosti spadaju i dobro održavani cjevovodi koji se sastoje od cijevi, ventila i armatura, smješteni na otvorenom prostoru ili u dobro provjetravanim prostorijama, kao i zatvoreni prostori i kanali sa zavarenim cjevovodima.«

Prema tome, zadovoljenjem ove tačke tretiranih Propisa, kotlovnica ložena plinom se može svrstati u zonu sigurnosti. Da bismo prostor kotlovnice mogli tretirati zonom sigurnosti, pa prema tome i ugraditi električne uređaje obične izvedbe, potreban nivo sigurnosti od eksplozije treba obezbijediti sljedećim mjerama:

- efikasnom ventilacijom prostora kotlovnice,
- upotrebom automatskih sigurnosnih gorionika,
- stalnom kontrolom zaprivenosti plinskih instalacija.

Ventilacija se izvodi u svemu prema važećem propisu za odnosnu regiju, što je jedinstveni jugoslovenski propis još uvijek ne postoji.)

<sup>1)</sup> U Sarajevu je važeći propis za ovu oblast holandski standard NEN 3028 — Sigurnosni zahtjevi za instalacije centralnog grijanja.

Stav »S« komisije — Zagreb: »Kotlovnica je dobro provjetravana ukoliko u najnepovoljnijim uvjetima ventilacije (ljetni period kad kotlovnica ne radi) postoji minimalno petorostruka volumna izmjenjena zraka na sat u prostornjki.«



Važno je istaći da u smislu zaštite od eksplozije ne postoji alternacija efikasnoj ventilaciji, kao na primjer, de-ekcija eksplozivnih plinova, što je preizirano i Tehničkim propisima za konstrukciju, izradu i ispitivanje električnih uređaja za rad u atmosferi eksplozivnih smjesa (»Službeni list SFRJ«, br. 2/68) u tački 2.1.2, st. 2:

»Kontrola koncentracije instrumen-ima smatra se samo indikatorom a ne njejom zaštite od pojave opasne koncentracije«.

Ventilacija prostora kotlovnice se izvodi na jedan od sljedećih načina:

1. Prirodna ventilacija;
2. Mehanička ventilacija;
3. Kombinovana ventilacija;

a) Dovod zraka prirodni, odsis mehanički,

b) Dovod zraka mehanički, odsis prirodni.

U svim slučajevima neophodno je ostvariti dijagonalnu (poprečnu) ventilaciju u prostoru kotlovnice.

Iz razumljivih razloga nastoji se izvesti prirodna ventilacija gdje god je moguće.

## 1. PRIRODNA VENTILACIJA

Intenzitet ventilacije treba proračunati (odrediti) uz najnepovoljnije uslove ventilacije, uzimajući u obzir samo plinske otvore, a u skladu sa važećim propisima.

Ovi otvori se u toku eksploatacije ne smiju ni u kom slučaju zatvarati.

Dovod plina u kotlovnici se može otvoriti na interventnom ventilu smještenom izvan kotlovnice. Elektroinstalacija je u normalnoj izvedbi. Jedinjeni elementi elektroinstalacije u »S« izvedbi i su svjetiljke za nužnu rasvjetu locirane nad najosjetljivijim dijelovima instalacije (komandno-kontrolni paneli, azvodna ploča). U ovu svrhu su potrebne svjetiljke proizvodnje TEP —

Zagreb u standardnoj zaštiti (St) II, DT5, IP54 koje ne gore u normalnom stanju, a pale se sa nestankom mrežnog napona iz bilo kojih razloga i gore 3 sata, što im omogućava ugrađeni akumulat. Sa vanjske strane izlaznih vrata ugrađuje se tipkalo za daljinsko isključenje glavne sklopke.

Razvodni ormar je smješten unutar same kotlovnice.

## 2. MEHANIČKA VENTILACIJA

Elektro-instalacija kotlovnice je u normalnoj izvedbi izuzev nužne rasvjetne, motora ventilatora i krilne sklopke koji moraju biti u »S« izvedbi, atestirani i propisno označeni. Razvodni ormar je podijeljen u dva dijela: glavni RBK-G i distributivni RBK-D. U RBK-G je smještena glavna sklopka, te kompletna automatika za kontrolisanu ventilaciju kotlovnice. Na RBK-D su priključeni svi potrošači u kotlovnici, izuzev ventilatora za ventilaciju kotlovnice.

RBK-G se smješta van kotlovnice, na pristupačnom mjestu, u prostoriji koja ni u kom slučaju ne može biti ugrožena opasnom koncentracijom plina iz kotlovnice.

RBK-D se smješta u samoj kotlovnici. U ovom slučaju zone opasnosti definišu se vremenski. Kada su svi gorionici izvan pogona i kad nema kontrolisane prisilne ventilacije, prostor kotlovnice i prostor oko kotlovnice spada u zonu opasnosti.

Prije puštanja u pogon kotlovnice, vrši se kontrolisana predventilacija. Kada je kotlovnica van pogona, za vrijeme predventilacije, kao i u slučaju neispravnog rada ventilacije u kotlovnici iz bilo kojih razloga, u kotlovnici nije omogućen pristup nepozvanim licima, jer su vrata zabravljena električnom bravom. Ova brava je priključena na distributivni ormar RBK-D

koji u tim momentima nije pod naponom, te se ne može odbaviti s vanjske strane. Sa unutrašnje strane brava se otvara mehanički.

Kotlovnica se pušta u pogon uključenjem grebenaste sklopke sa bravicom na vratima RBK-G. Na taj način puštaju se u pogon tlačni i odsisni ventilatori čiji su motori u »S« izvedbi. Količina zraka koja se ubacuje ravna je količini zraka koja se izbacuje.

Ukoliko je postignuta pravilna ventilacija, što se kontroliše krilnim sklop-kama montiranim na ventilacionim kanalima, uključuje se vremenski relej elektromehaničkog tipa. Ovaj relej, nakon određenog vremenskog zatezanja u toku kojeg je ostvarena višestruka volumna izmjena zraka u kotlovnici<sup>2)</sup>, uključuje glavnu sklopku i time je ploča RBK-D stavljena pod napon. Ovim je omogućeno uključivanje svih potrošača priključenih na RBK-D, otvaranje elektromagnetnog ventila na dovodnoj gasnoj cijevi, kao i odbravljenje električnih brava na vratima kotlovnice.

Važno je istaći da se u svakom momentu ventilacija kontroliše pomoću krilnih sklopki u »S« izvedbi koje su ugrađene i u tlačnom i u odsisnom ventilacionom kanalu<sup>3)</sup>. Ukoliko iz bilo kojih razloga dođe do poremećaja u radu ventilacije, krilne sklopke daju impuls za isključenje glavne sklopke, te se kompletno kotlovsko postrojenje isključuje sa napona i automatski zatvara ventil na dovodnoj gasnoj cijevi.

U ovom slučaju, kao i u slučaju nestanka električne energije u mreži, ponovno puštanje kotlovnice u pogon moguće je tek nakon izvršene predventilacije kotlovnice. U kotlovnici se predviđa i instaliranje automatskih stacionarnih eksplozimetara koji mogu re-

gistrovati eventualnu pojavu opasne koncentracije zemnog plina pri stropu kotlovnice, i to iznad svake gasne rampe i u »mrtvim« uglovima kotlovnice.

U ovu svrhu vrlo su pogodni automatski stacionarni eksplozimetri proizvodnje Institut »Kirilo Savić«, OOUR Ister — Beograd.

Na kućištu eksplozimetra nalaze se zelene sijalice koje označavaju da su uređaji u radu, crvene sijalice koje svijetle kad koncentracija dostigne 10% donje granice eksplozivnosti (0,5% za zemni plin) i sirene koje istovremeno zvučno upozoravaju kada se ova granica prekorači.

Vazduh koji se kontroliše dovodi se do uređaja bakarnim kapilarnim cijevima unutrašnjeg prečnika Ø3, a spo-ljašnjeg Ø6—Ø8. Pumpe koje su ugrađene u eksplozimetre provlače vazduh kroz cijevi brzinom 1m/s, i vode ga preko senzorskih elemenata. Dužina svake kapilarne cijevi ne smije premašiti 40 m. U slučaju prorade bilo kojeg od eksplozimetara lako je uočiti u kojoj zoni se pojavljuje opasna koncentracija zemnog plina. Tada automatski dolazi i do zatvaranja elektromagnetnog ventila na dovodnoj gasnoj cijevi, a ventilacija nesmetano nastavlja rad i izbacuje iscurjeli plin u slabodnu atmosferu.

Neprekidnost u radu kotlovnice ostvaruje se u ovakvim slučajevima prebacivanjem svih gorionika na loženje uljem sve dok se ne pronađe mjesto curjenja i ne otkloni kvar na gasnoj instalaciji, normalno ukoliko su gorionici kombinovani.

Potrebno je upozoriti i na neizbjegšan lažni alarm, koji se pojavljuje pri prvom uključenju eksplozimetara, poslije dužeg stanja van rada, i koji tra-

<sup>2)</sup> Stav »S« komisije: Predventilacija je izvršena nakon minimalno petorostruke volumne izmjene zraka u prostoru kotlovnice.

<sup>3)</sup> Krilne sklopke su tip KS II proizvodnje Elektrotehnički institut »Rade Končar« — Zagreb.



je 3—5 minuta u toku kojeg vremena dolazi do stabilizacije senzorskih elemenata. Po isteku ovog vremena crvena sijalica se gasi, prestaje alarm signal i otvara se elektromagnetni ventil na dovodnoj gasnoj cijevi.

### 3. KOMBINOVANA VENTILACIJA

#### 3.1. Dovod zraka prirodni, odvod mehanički

U odnosu na prethodni, ovo je jednostavniji slučaj ventilacije, jer je dovod zraka u kotlovnici prirodni. Stoga, svudje ne postoji tlačni ventilator, dok je funkcija odsisnog ventilatora, kao i zvedba kompletne elektroinstalacije ista kao i u prethodnom slučaju.

#### 3.2. Dovod zraka mehanički, odvod prirodni

U ovom slučaju ne postoji odsisni ventilator, jer je odvod zraka iz kotlovnice prirodni. Funkcija tlačnog ventilatora, kao i izvedba kompletne elektroinstalacije je ista kao i u slučaju otpune mehaničke ventilacije.

### OSTALI ZAHTEJEVI

Pored efikasne ventilacije kotlovnice za preventivnu zaštitu od eksplozije u svim navedenim slučajevima neophodno je primijeniti i sljedeće principe:

- A) Izvesti zaštitu od isticanja plina:
  - Izvedbom robustne instalacije i korištenjem kvalitetnih materijala,
  - upotrebom zavarenih spojeva umjesto navojnih spojeva gdje god je to moguće,
  - primjenom prirubničkih spojeva gdje god je to moguće

— kod rastavnih spojeva, ispitivanjem gasne instalacije na čvrstoću i brtvljenje prije puštanja u pogon,

B) Oodorizacija prirodnog gasa prodornim mirisom,

C) Stalna kontrola zaptivenosti plinskih instalacija,

D) Upotreba automatsko-sigurnosnih gorionika koji automatski zatvaraju dovod plina u slučaju nestanka plamena, prenisčkog ili previsokog pritiska u dovodu plina, nestanka električne energije, i slično. Prije paljenja plamenika, automatski izvršiti predventilaciju ložišta i dimnih kanala sa minimalno 5 volumnih izmjena zraka,

E) Izvesti zvučnu i optičku signalizaciju svih mogućih poremećaja u radu gorionika,

F) U slučaju da su 2 ili više kotlova spojeni na zajednički dimnovodni kanal, potrebno je izvesti blokadu starta gorionika u zatvorenom položaju dimne klapne.

Uz interni alarm u kotlovnici (alarm na komandno-kontrolnim panelima i na automatskim eksplozimetrima) potrebno je da se iznad svih vrata kotlovnice, sa vanjske strane, postave alarmne trube, a u prostoriji kotlovničara alarmni tablo. Od svakog panela vode se signali svih poremećaja na kotlu, gorioniku ili gasnoj rampi, signalnim kablovima do alarmnog tabloa na koji su povezane alarmne trube iznad vrata kotlovnice. Na ovaj tablo takođe se vodi signal sa automatskih stacionarnih eksplozimetara. Po prijemu alarma aktiviraju se trube i kontrolna sijalica na alarmnom tablo. Zvučni signal se blokira tipkalom, a posredstvom pripadajućeg releja aktivira se odgovarajući svjetlosni signal koji ostaje uključen kao upozorenje do otklanjanja smetnje. Istim tipkalom se blokira i lažni alarm

koji nastaje pri prvom uključanju eksplozimetra poslije dužeg stajanja van rada.

Imajući sve ovo u vidu, kao i zahtjev koji se postavlja pred izvođača u smislu visokog kvaliteta izvedenih gasnih instalacija, uz primjenu visokokvalitetnog materijala i tehnologije, vjerovatnoća nastanka eksplozije u kotlovnici zbog opasne

koncentracije zemnog plina je praktično zanemarljiva.

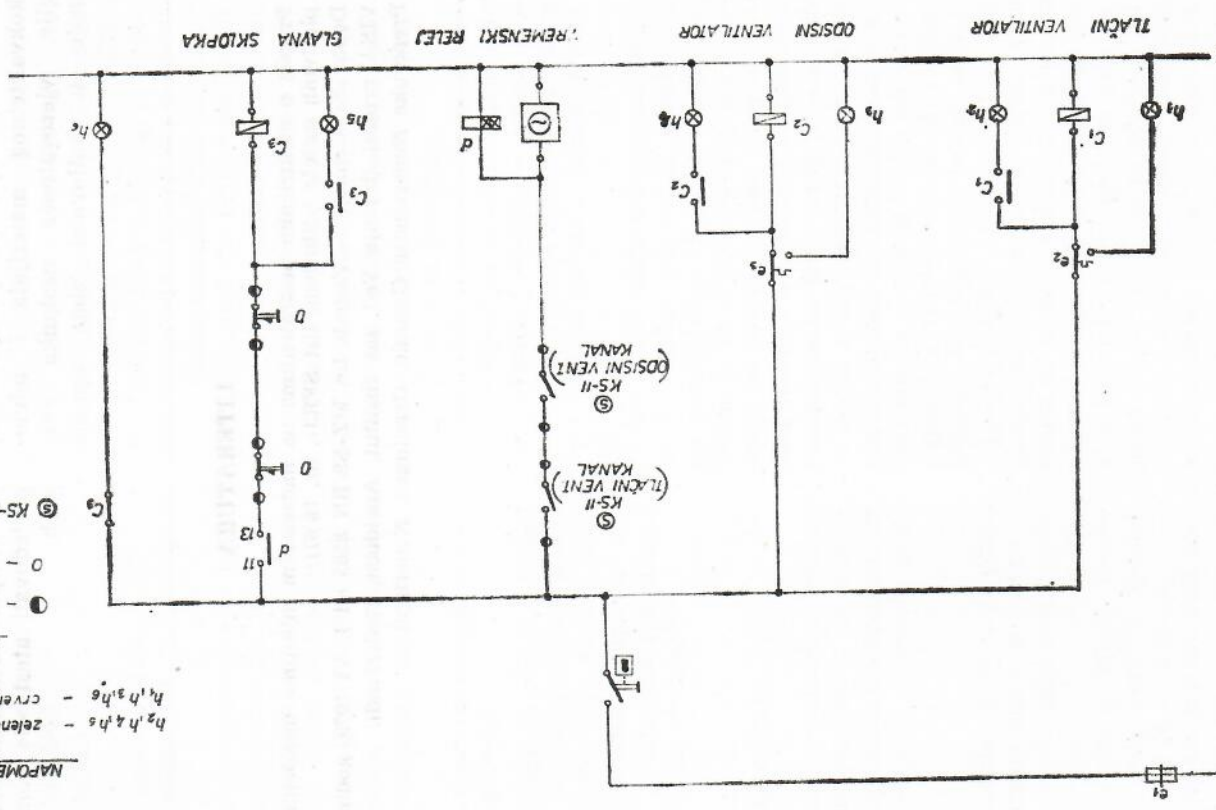
Elementi elektroinstalacije u gasnoj prijemno-regulacionoj stanici (rasvjeta i grijajući) moraju biti u protueksplozijskoj zaštiti sa eksplozivnom grupom A i temperaturnom klasom T<sub>1</sub> i moraju posjedovati atest »S« komisije — Zagreb.

### LITERATURA

1. Propisi o električnim postrojenjima na nadzemnim mjestima ugroženim od eksplozivnih smjesa (»Službeni list SFRJ«, br. 18/87).
2. Dopis »S« komisije — Zagreb, br. MZ-SS/RN 8565 od 1. VI 1979. godine.
3. VISA propisi (izdanje Ved gas Institut, Apeldoorn, Nederland).
4. Preporuke Nenerlandse Gasunie, Groningen, Nederland.



FUNKCIJSKI NACRT RBK - 6  
 POTPUNA MEHANIČKA VENTILACIJA  
 (DOVOD I ODVOD ZRAKA MEHANIČKI)

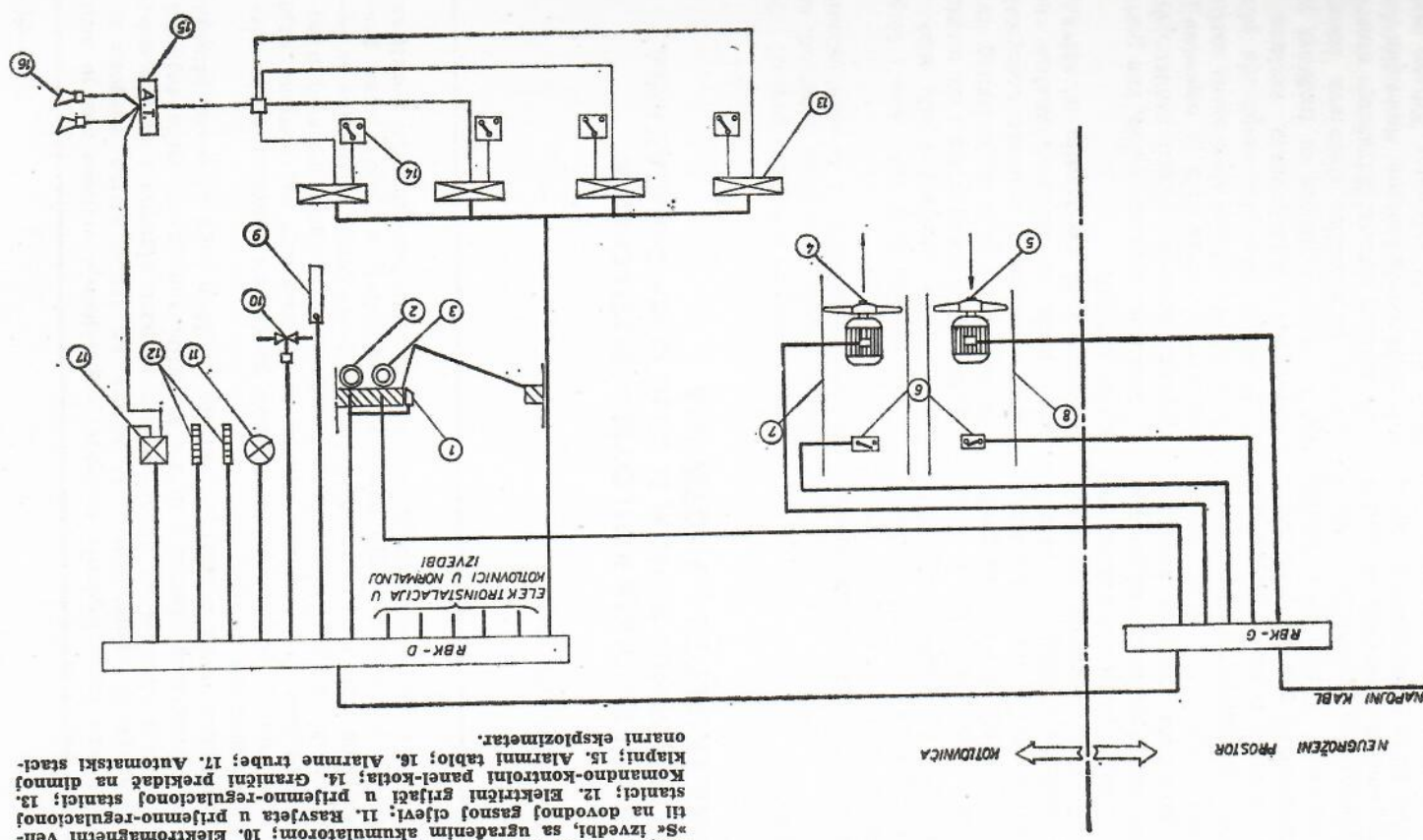


**NAPOMENA**  
 h<sub>2</sub>, h<sub>4</sub>, h<sub>5</sub> - zelena sig. sijalica  
 h<sub>1</sub>, h<sub>3</sub>, h<sub>6</sub> - crvena sig. sijalica

**LEGENDA**  
 ● - vanjska klemna  
 ○ - tipkalo za daljinsko isključenje glavne sklopke  
 ⊕ KS-II - kontrolni ventilacije (krilna sklopka)

**LEGENDA**  
 1. Električna brava na vratima kotlovnice; 2. Tipkalo za otvaranje električne brave; 3. Tipkalo za daljinsko isključenje glavne sklopke; 4. Odsisni ventilator u »S« izvedbi; 5. Tlačni ventilator u »S« izvedbi; 6. Krilna sklopka u »S« izvedbi; 7. Odsisni ventilator u »S« izvedbi; 8. Tlačni ventilacioni kanal; 9. Svjetiljka za nužnu rasvjetu u »S« izvedbi; 10. Elektromagnetni ventilacioni akumulator; 11. Rasvjeta u prijemno-regulacionoj stanici; 12. Električni grifaci u prijemno-regulacionoj stanici; 13. Komandno-kontrolni panel-kotla; 14. Granični prekidač na dimnoj klapni; 15. Alarmni tablo; 16. Alarmne trube; 17. Automatski stacionarni eksplozimetar.

BLOK ŠHEMA





Priradni plin, kao izvor toplotne energije, u posljednje vrijeme sve je više prisutan u industriji i domaćinstvu. U odnosu na druga goriva, njegove su prednosti velike s obzirom na ekonomičan transport, sigurno i kontinualno snabdijevanje, konstantan sastav i slično. Međutim, nepropisno rukovanje pri upotrebi plina lako može dovesti do eksplozije. Zbog toga se ovom pitanju mora posvetiti posebna pažnja.

Predmet ovog rada je ukazivanje na najčešće propuste i nedostatke kod održavanja kotlova loženih prirodnim plinom, te upoznavanje sa mjerama koje se moraju preduzimati u cilju eliminisanja uslova za nastanak opasnih situacija. Za uspješan start i siguran rad kotloskog postrojenja neophodno je potrebna potpuna koordinacija svih odgovornih subjekata u cjelokupnom procesu rada, a za njegovo održavanje — visok nivo stručno-tehničke praktične osposobljenosti.

REFIK PIRIĆ, dipl. inž. maš.

## FUNKCIJA ODRŽAVANJA KOTLOVSKIH POSTROJENJA LOŽENIH PRIRODNIM PLINOM U CILJU ONEMOGUĆAVANJA NASTANKA EKSPLOZIJA U LOŽIŠTIMA

### 1. UVOD

Velike mogućnosti plina, kao nosioca toplotne energije, utiču na sve veću njegovu primjenu i potrošnju kako u industriji, tako i u domaćinstvu.

Plinovita goriva, bez obzira kako su proizvedena, posjeduju čitav niz prednosti koje omogućuju najekonomičniji transport toplotne energije i vrlo elastično podešavanje dovođenja toplote u slučajevima nagle promjene režima rada, sigurno i kontinualno snabdijevanje toplotnih potrošača gorivom konstantnog sastava.

S obzirom na važnost i cijenu energije, nije svejedno iz čega i kojim putem je proizvedena, gdje i na koji način je transformisana. Prema literaturnim pokazateljima (4) »u industrijski razvijenim zemljama oplemenjuje se (plinificira) skoro 50% proizvedenog uglja, a toplotna vrijednost proizvedenih pli-

nova u mnogim zemljama prelazi i toplotnu vrijednost koja se proizvodi sagorijevanjem uglja u termoelektrarnama«.

Imajući sve to u vidu, kao i činjenicu da naša zemlja sve više ulaže u istraživanja zemnog plina i na mogućnost oplemenjivanja uglja lošijeg kvaliteta, u uslovima svjetske energetske krize, može se očekivati znatno veća orijentacija za svestranija istraživanja u tom pravcu.

Međutim, upotreba plina, kao goriva za pogon kotlova i drugih industrijskih postrojenja, uzrokovala je uspostavljanje strogo propisane sigurnosne zaštite.

Povodom ućestalih eksplozija plina u prostoru sagorijevanja kotlova u SAD, kojom prilikom su troškovi popravke u nekoliko slučajeva iznosili više miliona dolara, Udruženje američkih proizvođača kotlova, Američko društvo mašinskih inženjera, Edison insti-



za struju i drugi su 1960. godine, zbog sve veće opasnosti po osoblje i ekonomskog gubitka nastalog kao posljedica eksplozija plina u ložištima kotlova za industrijsku i javnu upotrebu, organizovali Komitet za eksplozije kod ložišta kotlova, nakon čega je uslijedio standard za zaštitu od eksplozija ložišta kotlova za javnu upotrebu koji se e prirodnim gasom (2).

## 2. KOORDINACIJA PROJEKTA, KONSTRUKCIJE I RADA

Sa sve većom složnošću jedinica za proizvodnju pare ili tople vode, ne može se ni pomisliti da samo tačno projektovana oprema i uputstva za rad proizvođača opreme mogu da obezbijevaju siguran radni sistem — bez učešća kog stepena tehničkog i radnog vladanja organizacijom postrojenja.

Iz tog razloga, organizacija rada sa tim tehničkim znanjem može dovesti do ozbiljnih posljedica. Imajući sve prijed navedeno u vidu, za prvobitni projekat instalacije može se, uz izvornije radova na način predviđen projektom, u osnovi smatrati kao da je izvršen samo jedan dio posla, dok je završavanje tehničkog znanja i usavršavanje operatora stalna aktivnost koja je tokom čitavog vijeka postrojenja. Gledanje na prvobitni projekat kao jedan segment plinskog postrojenja, sagledavanje težine i važnosti tog posla, bilo bi više nego neopravdano.

Razlog pridanja važnosti tom projektantsko-inspekcijskom naporu, može je u ovom trenutku sagledati poštenjem izvedenih gasnih instalacija lovskih postrojenja u Sarajevu sa upustina i nedostacima na istim tačnim postrojenjima u Zagrebu gdje košenje plina ima 118-godišnju tradi-

Prema obavljanim istraživanjima (5), navodimo neke od bitnih propusta i nedostataka, kao na primjer:

- vrlo mali broj ložača zaposlenih u plinskim kotlovnicama upoznat je sa karakteristikama loženog plina;
- puštanje u rad plamenika i njihovo podešavanje u velikom broju slučajeva obavljaju osobe bez posjedovanja ovlaštenja proizvođača plamenika;
- u pojedinim slučajevima nije ugrađivan interventni ventil za brzo zatvaranje dovoda plina prema kotlovnici, koji predstavlja jedan od najvažnijih elemenata za sprečavanje širenja požara;

- često neugrađivanje regulatora pritiska, odnosno stabilizatora pritiska prije svakog plamenika;

- često ugrađivanje regulatora pritiska bez sigurnosnog ventila;
- nepostojanje sklopke ili prekidača za nuždu čije je postavljanje predviđeno neposredno pored ulaznih vrata objekta kotlovnice;

- često nepostojanje razlike signala za zatvaranje dovoda plina bravom za gas (dva ista ventila, a u seriji) koja nakon uspostavljanja normalnog stanja ponovo samostalno kreću sa cijelim ciklusom paljenja od signala koji poslije zatvaranja plina, usprkos uspostavljanju normalnog stanja, ne mogu pokrenuti paljenje dok ložać ne uključi deblokadu plamenika;

- često neugrađivanje brzodjelujućeg zapornog organa — ručnog ventila — prije goruća;

- neugrađivanje uređaja za regulisanje odnosa količine zraka i plina;
- nedovoljan intenzitet ventilacije ložišta (mali broj izmjena zraka ložišta);

- nepostojanje ili neupotrebljivost kontrolnih otvora plamena na vratima kotla;

- neugrađivanje filtera, kao i manometara ispred i iza regulatora pritiska.

— nepostojanje organizovane godišnje kontrole rada plamena i regulaciono-blokadnih uređaja.

Međutim, većina gore navedenih propusta i nedostataka mogli su biti i posljedica neadekvatnog, odnosno neodgovornog i nestručnog održavanja postrojenja; moguće su pojave demontiranja pojedinih elemenata zbog kvara u toku eksploatacije i njihovo ponovno nepostavljanje na gasnu instalaciju.

Uzimajući navedene nedostatke kao posljedicu neadekvatnog održavanja, moguće je uvjeriti se u izrečenu konstataciju da će organizacija rada u pogonu, bez obzira kako uhođana u početku, tokom godina imati tendenciju progresivnog pogoršanja, ukoliko se ne nadzire i ne uvježbava na stalnoj osnovi od strane preduzetnog i tehnički stručnog osoblja za proizvodnju na odgovarajućem stručnom nivou.

## 3. ODRŽAVANJE I NADZOR KOTLOVSKOG POSTROJENJA

Polazeći od pretpostavke da je uspjeh start kotlovske postrojenja rezultat pravilne i potpune koordinacije svih odgovornih subjekata u cjelokupnom procesu rada, i razvoj i održavanje visokog stepena tehničkog i praktičnog osposobljavanja za upravljanje uređajima isto tako su bitni za njegovo dobro funkcionisanje i siguran rad.

Međutim, u cilju uspješnog i sigurnog starta plinskog postrojenja, treba izbjegavati praksu da rad počinje prije nego što se pregledom od strane stručnjaka za javnu upotrebu (distributera, nadležnih inspekcijskih organa, specijalizovanih ustanova), konsultanata i proizvođača opreme, ne utvrdi da je isto izvedeno prema projektu i da je izvršena provjera instrumentacije i zaštitnih uređaja koji pružaju tražene granice radne sigurnosti. Naime, vrlo

često pojedini regulaciono-blokadni elementi na uređajima za izgaranje plina ostaju nepodešeni ili neprekontrolisani, pošto ih dovoljno ne poznaje radnik koji montira plamenik na kotao. Zato je potrebno da se, prilikom puštanja u rad, te podešavanja i kontrole regulaciono-blokadnih uređaja plamenika sa stavi »Zapisnik o puštanju u rad plamenika« iz koga mora biti vidljivo postojanje funkcionalnih zahtjeva sigurnosti gasnog postrojenja, u koji obavezno treba unijeti, pored ostalog, i podatke o kontroli dimnih plinova, krugove regulacije sa podešenim parametrima, kao i sve krugove blokada sa ispitanim parametrima kod kojih nastupa blokada plamenika.

Ispitivanje i kontrolu sigurnosnog sistema i zaštitnih uređaja bi trebalo vršiti u zajednici sa organizacijom koja je projektovala taj sistem i onih koji rade i održavaju takav sistem i uređaje za vrijeme normalnog radnog života energetskog postrojenja.

Stalni razvoj i unapređenje tehnologije i sve veća složenost opreme energetskog postrojenja i kontrola imaju tendenciju da naglase potrebu za stručnim nadzorom održavanja, da bi se ostvario stepen pouzdanosti koji je planiran uz opremu. Kvalitet nadzora održavanja kontrolne opreme, uključujući unutrašnja završavanja i alarme, mora biti bar jednak onome koji je potreban za održavanje kotla i sa njim povezanih komponenti u sigurnom i pouzdanom radnom stanju. Suviše česti zastoji u radu, odnosno kvarovi, nastaju ili zbog loše projektovane opreme ili zbog lošeg kvaliteta održavanja, što zahtijeva isključenje opreme ili otklanjanje kontrolnih komponenti iz pogona. Ovo ne samo da smanjuje raspoloživost važnih izvora proizvodnje snaga, nego takođe povećava i izlaganje radnim opasnostima dok je oprema izbačena do ponovnog vraćanja u redovnu upotrebu.