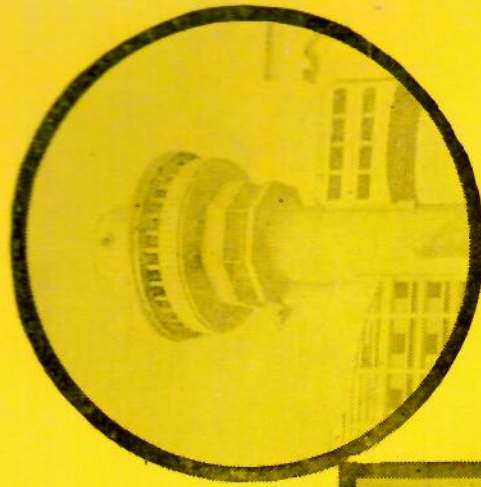


# UMET



OKOKVALITETNA PROTIVPOŽARNA  
IZOLACIJA



**igmin**

SOUR - TUZLA

**A BOSNA**  
*Asbest*

Bosansko Petrovo Selo

NAUČNI, STRUČNI I INFORMATIVNI ČASOPIS

# POŽAR EKSPLOZIJA PREVENTIVA

YU ISSN 0351-4714  
UDK 614.81 + 614.83 (05)

# 3

POŽAR-EKSPLOZIJA-PREVENTIVA

3



IZDAVAČ:



NAUCNOISTRAŽIVAČKA RADNA  
ORGANIZACIJA INSTITUT ZAŠTITE  
OD POŽARA I EKSPLOZIJE  
SARAJEVO

**IZDAVAČKI SAVJET:**

dr Murat BACKOVIĆ  
Ismet DAUTOVIĆ  
dr Tugomir FILIPAN  
Mirko GRBIC  
Fuad JELEČANOVIĆ  
mr Vladimir KAPOR  
Hajrudin KRNIĆ  
Faik LUŠIJA  
dr Džemal PELJTO  
dr Mirsad RAŠIĆ  
Radomir SPAIC  
Slobodan SPASIĆ  
Radenko TRIPIC  
dr Dinko TUHTAR  
dr Svetislav VESELINOVIĆ  
Rešad VITEŠKIĆ

mr Ratko VUJOVIĆ

**GLAVNI I ODGOVORNI**

**UREDNIK:**

mr Ratko VUJOVIĆ

**UREDNIK:**

Mihailo JEREMIC

**REDAKCIJSKI ODBOR:**

Pavle BONETI  
dr Ratko DUNĐEROVIĆ  
mr Obrad GAVRILOVIĆ  
dr Esad HADŽISELIMOVIĆ  
Mihailo JEREMIC  
Fadil NJEMČEVIĆ  
mr Ferdo PAVLOVIĆ  
Premil JOVIC  
mr Hajrija REDŽEPOVIĆ  
dr Dragutin REDŽIĆ

**dr Dragoljub STOJANOVIC**

mr Ratko VUJOVIĆ

**LEKTOR:**

Mihailo JEREMIC

**TEHNIČKI UREDNIK:**

Mirsad HAFIZOVIC

**Casopis izlazi četiri puta godišnje.**  
**Adresa:** Institut zaštite od požara  
i eksplozije (za redakciju),  
71000 Sarajevo, Romanijska broj 10.  
Telefoni: (071) 533-888, 538-480,  
451-611  
Telex: YU INZPEX 41-667

**STAMPA:**

IGTRO »Univerzal« — OOUR  
»Graficar« — Tuzla  
Za štampariju: Muris DŽAMPO

NAUČNI, STRUČNI I  
INFORMATIVNI CASOPIS

# POŽAR EKSPLOZIJA PREVENTIVA

**3**

BROJ

Godina IX • Sarajevo, septembar 1988.

## S A D R Ź A J

<b>Roger Barrett</b>	Towards the Perfect Flame Detector (Prema savršenom detektoru plamena) . . . . .	173
<b>Radivoj Tasić</b>	Inteligentni sistemi — pouzdanost i njihove mogućnosti . . . . .	195
<b>Roger Barrett</b>	Analogue Addressable Fire Detection Systems — are they Really Needed? (Analogni adresibilni požarno-detekcioni sistemi — jesu li stvarno potrebni?) . . . . .	201
<b>Prof. Slobodan Kovinčić Pred. Dragan Karabashi</b>	Sistemi za rano otkrivanje akcidenata kao elementi ciljevima usmerene zaštite od požara i eksplozije . . . . .	225
<b>Mr Desimir Jovanović</b>	Metod za proračun vremena periodične tehničke kontrole sistema za automatsku detekciju i dojavu požara . . . . .	233
<b>Vladimir Stajić</b>	Funkcionalni sustavi Centra za zaštitu od požara . . . . .	241
<b>Žarko Vujnović</b>	Požarne veličine pogodne za detekciju požara . . . . .	257
<b>Faruk Sijerčić</b>	Procjena ugroženosti objekata i izbor optimalne varijante sistema tehničke zaštite . . . . .	263
<b>Mira Marić</b>	Otkrivanje požara i određivanje mjera zaštite od požara kroz tehničku dokumentaciju . . . . .	267
<b>Zoran Karin</b>	Mikroprocesori i mikroprocesorske centrale u funkciji detekcije požara . . . . .	273
<b>Rainhard Lüttenberg</b>	Review of the Actual State of Standard EN 54 and Its Practical Application . . . . .	281
<b>Dr Andreas Scheidweiler</b>	Pregled sadašnjeg stanja moderne opreme za detekciju požara i pogledj u budućnost . . . . .	295
<b>Ogledni perimjerak</b>	Izvještaja o izvršenom pregledu zatvorenog izvora sa radioaktivnim izotopomj ugrađenim u javljače požara . . . . .	303
<b>Zaključci</b>	Jugoslovenskog naučnog skupa o temi »Požari i njihovo rano otkrivanje« . . . . .	305

U prošlom dvobroju časopisa »Požar — eksplozija — preventiva« publikovano je 19 referata (u formi recenziranih radova), koji su prikazani na jugoslovenskom naučnom skupu sa temom »Požari i njihovo rano otkrivanje«, održanom 25. 26. i 27. aprila 1988. godine u Sarajevu.

U ovom broju Časopisa objavljujemo preostale prezentovane naučne i stručne radove, koji su takođe recenzirani, zatim prevod referata pod naslovom »Review of the Present Situation Concerning Modern Fire Detection Equipment and Future Outlook«, te tekst zaključaka usvojenih na »okruglom stolu«.

Naučni skup »Požari i njihovo rano otkrivanje«, kao što je poznato, organizovao je Institut zaštite od požara i eksplozije — Sarajevo. Suorganizatori su bili Savezni zavod za standardizaciju — Beograd i Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Sarajevu, a pokrovitelj Zajednica osiguranja imovine i lica »Sarajevo« — Sarajevo.

Redakcija



## TOWARDS THE PERFECT FLAME DETECTOR

*The major requirements of a flame detector are listed and used to assess the performance of existing detector types. These are classified in terms of Wavelength of operation and include U. V., I. R. and combined types. The author suggests that the single Channel I. R. detector is nearest to »perfection« but still has limitations. Some indication is given of possible future developments to overcome these limitations.*

### PREMA SAVRŠENOM DETEKTORU PLAMENA

*Prikazani su glavni zahtjevi za detektore plamena i iskoristeni su da se procijene performanse postojećih tipova detektora. Oni su klasifikovani prema radnoj talasnoj dužini i uključuju UV, IC i kombinovane tipove. Autor preporučuje da je jednodimenzionalni IC detektor najbliži »savršenom«, ali još ima ograničenja. Dati su neki pokazatelji mogućeg budućeg razvoja kako bi se prevazišla ova ograničenja.*

UDK 614.84:654.93

Primljeno: 1988-04-25

Originalni naučni rad

ROGER BARRETT, dipl. eng.

## TOWARDS THE PERFECT FLAME DETECTOR

### INTRODUCTION

The technology involved in fire detection has developed very rapidly in the past ten years, but in spite on this there is still no »universal« fire detector. The phenomenon that we call »fire« covers such a wide range of physical and chemical processes that such a detector seems as far away as ever. It is accepted therefore that different types of detector are needed for different types of fire and for different risks.

Most applications of fire detection are inside buildings where walls and ceilings confine the products of combustion, and we can rely on convection to transfer these products to a ceiling mounted detector. Most fires begin as smouldering and take minutes rather than seconds to develop to a dangerous size; detector response times are usually not critical in detecting such fires. There are other applications however, in very large buildings or outdoors, involving highly flammable materials in which convection cannot be relied upon and response times are critical. In these applications, some form of flame radiation detector is the only practical solution.

The desing of flame radiation detector has probably changed more than any other type of fire detector in recent years, but how close are we to the »perfect flame detector«, if such a thing can ever exist.

This paper will examine the different techniques being used for flame detection and attempt to make some judgement on how closely they match the ideal.

### WHAT IS THE PERFECT FLAME DETECTOR

The perfect flame detector is as difficult to define as the perfect wife — many of us have them and yet they are all different. The measure of perfection must depend on the extent to which they meet the particular



requirement and of course the requirement will differ from one application to another. Nevertheless, there are some features which most would agree are essential to any application and these can form the basis of a specification against which we can measure the degree of perfection.

The most important factors are listed below.

Sensitivity to flame must be high enough to allow the detection of the maximum permissible fire size over the whole of the area to be protected.

Speed of response should be high so that fast growing fires can be detected early enough to be controlled.

Rejection of spurious radiation must be high to reduce false alarms

Blocking and absorption of radiation by contamination of windows (by dust, oil, water etc.) and smoke or vapours in the atmosphere should be small.

Safety in hazardous atmospheres should be assured by flameproof or intrinsically safe design.

Compatibility with other detector types should be high and it should be possible to use the detectors on conventional control equipment.

Maintenance requirements should be low to give long service life without attention.

Testing (in the field) should be simple so that regular checks on correct functioning can be made.

Naturally this list is not exhaustive and other factors will be important in some circumstances. Some important attributes, such as the ability to withstand extremes of temperature, humidity, vibration and so on, are assumed apply to all equipment and are not specific to flame detectors.

The operating principles of existing flame detector types will now be considered so that their success in meeting these requirements can be assessed and explained.

## DETECTOR CLASSIFICATION

For the purposes of this paper, flame detectors will be classified in the widest sense according to the wavelength of the radiation used. This type of classification is the most useful since, as will be seen below, the wavelength of the radiation sensed determines most of the properties of the final detector design.

This gives us the following groups:

Ultraviolet — up to 350nm.

Visible — from 350nm to 800nm.

Near Infrared — from 800nm to 1.3 $\mu$ m.

Infrared — from 1.3 $\mu$ m to 10 $\mu$ m or beyond.

Combinations of two or more wavelengths from the regions defined above.

Each of these classifications will be considered individually.

## ULTRAVIOLET

The radiation from flames in the ultraviolet region is extremely small and requires the use of very sensitive detectors. In practice the only suitable sensor is the Geiger-Muller tube which is capable of detecting individual photons and every available U. V. flame detector now uses this type

ROGER BARRETT, dipl. inž.

## PREMA SAVRŠENOM DETEKTORU PLAMENA

### UVOD

Tehnika detekcije požara razvija se vrlo brzo u posljednjih deset godina, ali uprkos tome još nema »univerzalnog« detektora požara. Fenomen koji mi nazivamo požarom pokriva tako širok obim fizičkih i hemijskih procesa tako da takav detektor izgleda daleko kao i prije. Zbog toga je prihvaćeno da su potrebni različiti tipovi detektora za različite vrste požara i za različite rizike.

Najveća primjena detekcije požara je unutar zgrada gdje zidovi i stropovi ograničavaju širenje produkata sagorijevanja, i mi se možemo pouzdati da će konvekcija dovesti te produkte do stropno postavljenih detektora požara. Većina požara počinje tinjanjem i protiču minute češće nego sekunde prije nego što se požar razvije do opasne granice; vrijeme odziva detektora nije kritično kod detektovanja takvih požara. Postoje ipak i druge primjene — u vrlo velikim zgradama ili na slobodnom prostoru, u kojima se nalaze visoko zapaljivi materijali i gdje se ne možemo pouzdati u konvekciju, i vrijeme odziva detektora postaje kritično. U ovim je slučajevima detektor nekog od oblika radijacije jedino praktično rješenje.

Konstrukcija detektora plamena se vjerovatno najviše mijenjala u posljednjim godinama; ali koliko smo blizu »savršenog« detektora plamena, ako taj uopšte može postojati?

Ovaj rad će izložiti različita rješenja koja se koriste za detekciju plamena i pokušati da dā neke zaključke koliko su ona blizu idealnom.

### ŠTA JE SAVRŠENI DETEKTOR PLAMENA?

Savršeni detektor plamena teško je definisati kao i savršenu suprug — mnogi od nas ih imaju, a one su ipak sve različite. Mjera savršenstva mora zavisići od toga koliko oni zadovoljavaju posebne zahtjeve, a naravno zahtjevi će biti različiti od jedne do druge primjene. Ipak, postoje neke osobine za koje bi se većina složila da su suštinske kod bilo kakve primjene i ovo može činiti osnovu za kriterije prema kojima možemo ocjenjivati stepen perfekcije.

Najvažniji faktori se daju u daljnjem tekstu.

Osjetljivost na plamen mora biti dovoljno visoka da osigura detekciju maksimalno dozvoljene veličine požara u čitavom štićenom području.

Brzina odziva mora biti tako velika da požari sa brzim razvojem budu otkriveni dovoljno brzo da bi ih bilo moguće kontrolisati.

Detektor mora biti neosjetljiv na slična zračenja da se reduciraju lažni alarmi.

Blokiranje i apsorpcija zračenja kontaminacijom optike (od prašine, ulja, vode, itd.) ili dimom i parom u atmosferi treba biti mala.



of sensor. Two kinds of tube are in common use. One uses wire electrodes and has a very small sensitive area while the other uses a planar structure which gives an area of about 1sq.cm. Pulse rates generated by typical fires are proportional to cathode area and for the wire electrode type are of the order of one count per second. This means that the pulse count is normally used to determine an alarm condition, and to achieve adequate sensitivity, detectors will alarm after only three pulses. The large area tubes on the other hand give pulse rates of the order of 100 counts per second which allows the use of pulse rate to determine the alarm condition. A typical threshold would be in the range 25 to 100 counts per second.

Sensitivity to flame is often specified in terms of the distance at which a 0.1sq.m petrol fire can be detected. Ultraviolet detectors typically achieve a range of 10-12 metres with a response time of 5 seconds but are capable of responding in a few milliseconds at higher signal levels. This makes them suitable for explosion detection as well for general flame detection.

Detectors working in the ultraviolet region of the spectrum dominated the market for many years and many thousands are installed. The main reason for this is that they can be made immune to the effects of sunlight — probably the biggest source of false alarms for flame detectors — because of the strong absorption caused by ozone in the earth's upper atmosphere. (Figure 1)

The atmospheric absorption shows an extremely sharp cut-off which means that the upper wavelength response of the tube must also be very sharp and must never overlap the solar region. This tube cut-off is determined entirely by the work-function of the cathode surface which must be very pure and very clean at the manufacturing stage. Tubes which are not made to the exacting standard required will not be solar blind. The lower limit to the response is not critical and is restricted by the transmission of the tube envelope to about 180nm.

It is important to realise that all solar blind ultraviolet detectors use the same optical bandwidth and are subject to the same limitations because of it.

Rejection of other spurious sources is generally good with some notable exceptions. Geiger-Muller tubes respond readily to X-rays and other radiation sources used on industrial sites for non-destructive testing. Tungsten-halogen lamps can give significant U.V. levels and arc welding produces massive amounts of U.V. which can be detected at ranges of several kilometres by typical U.V. flame detectors. This can result in large numbers of false alarms when detectors are used on open sites.

The other major problem with ultraviolet is that it is readily absorbed by organic materials in solid, liquid or vapour form. Thin films of oil or grease, almost invisible to the eye, can completely blind detectors. Vapours such as acetone or toluene can cause attenuation of the signal and smoke is also a strong absorber so U.V. Detectors may have difficulty in detecting fires that produce large amounts of smoke, especially if the detectors are looking down on the fire or if the smoke plume is blown towards the detector.

Some manufacturers, recognising the problem of window contamination, provide built-in test sources so that »Fault« signal are given when the window becomes dirty. This is a useful feature but does not increase

Mora se osigurati protiveksplozijska zaštita »neprodornim oklopom« ili zaštitom »samosigurnost«.

Treba da je osigurana kompatibilnost sa drugim tipovima detektora i treba da je omogućen rad detektora sa konvencionalnim centralnim uređajima.

Zahjeviti za održavanjem treba da su niski da se omogući dugo servisno vrijeme bez nadzora.

Testiranje (na licu mjesta) treba da je jednostavno tako da se mogu vršiti redovne provjere korektnog funkcionisanja.

Naravno, ovim lista zahtjeva nije iscrpljena, jer i drugi faktori mogu biti važni u drugim uslovima. Neke važne osobine, kao sposobnost podnošenja ekstremnih temperatura, vlažnosti, vibracija, itd., predviđeni su za svu opremu i nisu specifični za detektore plamena.

Principi dejstva postojećih tipova detektora plamena biće u daljnjem tekstu razmatrani, tako da se mogu procijeniti i objasniti njihove mogućnosti kod zadovoljenja ovih zahtjeva.

## KLASIFIKACIJA DETEKTORA

Za potrebe ovog rada, detektori će se klasifikovati u najširem smislu prema talasnoj dužini zračenja koja se koristi. Ovaj je tip klasifikacije najpogodniji, jer, kako će se u daljem tekstu vidjeti, talasna dužina zračenja određuje većinu osobina krajnje konstrukcije detektora.

Ova nam podjela daje sljedeće grupe:

Ultravioletni — do 350 nm,

Vidljivi — od 350 do 800 nm,

Približno infracrveni — od 800 nm do 1,3 μm,

Infracrveni — od 1,3 do 10 μm ili iznad.

Kombinacija dvije ili više talasnih dužina iz gore definisanih područja.

Sve će se vrste razmatrati posebno.

## ULTRAVIOLETNI DETEKTORI

Zračenje plamena u ultravioletnom području je ekstremno malo i zah-tijeva upotrebu vrlo osjetljivih detektora. Praktično, jedini pogodan senzor je Geiger-Muller-ova cijev koja je sposobna da detektuje pojedinačne fotone, te svi UV detektori koji su sada na raspolaganju, koriste ovaj tip senzora. U upotrebi su dvije vrste cijevi. Jedna koristi žičane elektrode i ima vrlo malo osjetljivo područje, dok druga koristi planarnu strukturu koja daje osjetljivo područje od oko 1 cm<sup>2</sup>. Broj impulsa generisan tipičnim požarom proporcionalan je prostoru katode i za katode tipa žice reda je jednog impulsa u sekundi.

Ovo znači da se broj impulsa koristi da se odredi alarmno stanje i da se dostigne odgovarajuća osjetljivost, detektor će alarmirati poslije samo



the service life of the detectors which may require cleaning *daily* in some environments. The availability of the system will inevitably suffer in such cases.

Geiger-Muller tubes operate at voltages of about 300V which means that they must use flameproof (explosion proof) housings if they are to be used in hazardous areas. Such housings are expensive and difficult to maintain but are widely accepted, especially in the U.S.A. The voltage and power requirements also mean that U.V. detectors are generally not compatible with other (two-wire) detectors and require special control equipment.

Remote testing of U.V. detectors is relatively simple using special ultraviolet torches. They usually give high levels of ultraviolet however and do not give any real indication of the sensitivity of the detectors. For this reason they are only suitable for go/no-go testing.

## VISIBLE

Although most flames produce visible radiation, the level involved is many orders of magnitude below that of sunlight. For this reason flame detectors sensing visible light are rarely, if ever, used.

## NEAR INFRARED — THE USE OF FLAME FLICKER

The first infrared flame detectors used silicon sensors and were limited to an upper wavelength of about 1.2 $\mu$ m. They were capable of very high sensitivity to flame but were also very sensitive to sunlight and artificial lights. Their use was therefore limited and false alarm rates were high.

The fact that these early infrared detectors were usable at all was because they made use of the flicker of the flame radiation to give a significant improvement in the rejection of spurious sources. Sadly the improvement was nowhere near large enough to make them usable in normal environments and they were never very widely used.

The flicker sensitivity is still used in the vast majority of infrared detectors today and is an important factor in their design. A great deal of work has been done on the flicker spectra produced by diffusion flames, mainly from liquid pan fires. These results all show that the flicker spectrum follows the form

$$\text{Energy density} = \text{fn}(1/\text{frequency})$$

where the function can be represented quite accurately by an exponential for pan areas up to 60 sq.m. It is worth noting that most of the energy is contained in frequencies below 10Hz and most detectors have a response that extends down to 2Hz or lower. The need to analyse signals of such low frequencies means that response times cannot be less than a few seconds.

The flicker amplitude from diffusion flames is generally in the range 10–30% but is much lower for pre-mixed (blue) flames or flames produced by burning gas from a high pressure jet. The flicker in these cases is still detectable however and infrared detectors are capable of detecting such fires with acceptable sensitivity.

## INFRARED

In order to improve the rejection of spurious sources it was necessary to use longer wavelengths in the infrared. The reason for this can be seen clearly from Fig 2 which shows the solar spectrum at ground level together with the spectrum of a typical hydrocarbon fire. The fact that

tri impulsa. Cijevi sa većim područjem daju broj impulsa reda 100 brojanja u sekundi, što omogućava da se koristi gradient broja impulsa da se odredi alarmno stanje. Tipičan prag je reda 25 do 100 odbrojavanja u sekundi.

Osjetljivost na požar specificira se često u odnosu na odsotjanje na kome požar nafte površine 0,1 m<sup>2</sup> može biti detektovan. Ultravioletni detektori obično dostižu područje 10–12 m sa vremenom odziva od 5 s, ali u stanju da daju odziv u vremenu nekoliko milisekundi na viši nivo signala. Ovo ih čini pogodnim za detekciju eksplozije, kao i generalno za detekciju plamena.

Detektori koji rade u ultravioletnom području spektra dominirali su tržištem godinama i instalisano ih je više hiljada. Osnovni razlog je što se mogu načiniti imunim na sunčevo svjetlo — vjerovatno najveći izvor lažnih alarma za detektore plamena — zbog snažne apsorpcije uzrokovane ozonom u gornjim slojevima zemljine atmosfere (slika 1).

Atmosferska apsorpcija pokazuje ekstremno oštro odsijecanje, što znači da gornja granica talasne dužine odziva za cijevi mora biti vrlo oštra i ne smije se nikad preklapati sa solarnim područjem. Odsijecanje cijevi određeno je u potpunosti radnom karakteristikom površine katode koja mora biti vrlo čista u toku izrade. Cijevi koje nisu izrađene u skladu sa standardnim zahtjevima neće biti neosjetljive na sunce. Donja granica odziva cijevi nije kritična i ograničena je propustljivošću omotača cijevi na oko 180 nm.

Važno je primijetiti da svi na sunce neosjetljivi ultravioletni detektori koriste isti optički opseg i zbog toga su podložni istim ograničenjima.

Neosjetljivost na druge izvore lažnih alarma načelno je dobra sa nekim značajnim izuzecima. Geiger-Muller-ove cijevi daju brz odziv na x-zračenje i druge izvore koji se u industrijskim pogonima, koriste za ispitivanje pukotina u materijalu. Tungsten-halogene svjetiljke mogu dati značajan UV signal, a elektrodočno zavarivanje daje veliku količinu UV zračenja koje tipičnim UV detektorima plamena može biti detektovano na udaljenosti i do nekoliko km. Ovo sve može rezultirati velikim brojem lažnih alarma kad se detektori koriste na otvorenom prostoru.

Drugi glavni problem UV zračenja je što ono biva lako apsorbovano organskim materijalima u čvrstom, tečnom i gasovitom stanju. Tanki sloj ulja ili masti, gotovo nevidljiv za oko, može potpuno onеспособiti detektor. Pare, npr. acetona ili toluena, mogu uzrokovati slabljenje signala, a dim je također jak apsorber, tako da mogu postojati teškoće kod detektovanja požara koji proizvodi velike količine dima, posebno ako su detektori usmjereni dolje prema požaru ili ako je stub dima usmjeren prema detektoru.

Neki proizvođači, utvrdivši problem onečišćenja otvora, predviđaju ugrađeni ispitni izvor, tako da signal »greška« biva prosljeđen čim prozorčić bude zaprljan. Ovo je korisno, ali ne povećava vrijeme između čišćenja detektora koji mogu iziskivati dnevno čišćenje u nekim prostorima. Raspoloživost sistema će, i pored ovoga, biti neizbježno umanjena.

Geiger-Muller-ove cijevi rade na naponu od oko 300 V, što znači da one moraju biti zaštićene kućištem u »neprodornom oklopu« (eksploziona



neither spectrum is smooth suggests that the particular bandwidth chosen can have a dramatic effect on the detector performance. This is indeed the case.

It is important to note at this stage that most of the design work has been concentrated on flames from carbonaceous fuels which in practice form the majority of applications. All of these materials show certain characteristic emissions which means that the better infrared detectors will give a uniform response to almost all hydrocarbons. They will not respond to burning materials which do not contain carbon and do not give the type of spectrum shown in Figure 2. This group of materials includes hydrogen, sulphur, ammonia and metals like magnesium. These materials are normally detected by U.V. detectors.

Historically the next step from the near-infrared was to move to a wavelength between  $2\mu\text{m}$  and  $3\mu\text{m}$  where there is a marked peak in the flame spectrum and a corresponding trough in the solar spectrum. Both the peak and the trough are caused by carbon dioxide and water vapour, giving selective emission by the flame and absorption by the atmosphere. Within this group, two distinct types are available, both of which use lead sulphide (PbS) sensors, but with different optical bandwidths.

One type uses a low cost sensor that responds in the range  $1.8\mu\text{m}$  to about  $2.5\mu\text{m}$ . This bandwidth misses the flame peak at  $2.7\mu\text{m}$  but includes a large amount of solar radiation. This results in a fairly sensitive detector but one for which sunlight is still a major problem.

The other type uses a more expensive version of the PbS cell combined with an optical filter, to give a bandwidth of  $2.7\mu\text{m}$  to  $3.1\mu\text{m}$ . This includes the flame peak but cuts out a great deal of the solar radiation. Detectors using this bandwidth, the «Infrascan» and «Infrastat» from THORN Security, show much better rejection of solar radiation, and in fact the Infrascan is approved for outdoor applications in Australia.

The sensitivity of detectors working in this wavelength range can be very high. For example the Infrascan and Infrastat mentioned above will detect a  $0.1\text{ sq.m.}$  petrol fire at  $40\text{m}$ . Their response times are relatively long however to reduce the probability of false alarm since these detectors do respond to sunlight and to artificial lights. The response to tungsten lamps does bring some benefit since it allows the use of special test sources inside the detectors or as separate long-range units for testing in-situ.

The technology involved in these types can operate at low voltage and low power. This would allow detectors to be made intrinsically safe but, as far as the author is aware, this has not been done commercially. In practice, the limitations imposed by the response to sun and tungsten lamps have meant that this detector type has never been used in great numbers.

It was not until the late 1970s that practical sensors became available to work at longer wavelengths than  $3\mu\text{m}$ . At that time pyroelectric sensors, using lithium tantalate, achieved levels of responsivity and stability that made them suitable for almost all conditions under which flame detectors were expected to operate. This made possible the design of detectors working in the region of  $4.3\mu\text{m}$  where the strong atmospheric absorption, caused by carbon dioxide, coincides with a large emission peak in the flame spectrum, again caused by carbon dioxide.

sigurnom) ako se žele koristiti u eksploziona ugroženim prostorima. Ova su kućišta skupa i teška za održavanje, ali su široko prihvaćena, posebno u SAD. Zbog svog radnog napona i potrošnje, UV detektori nisu generalno kompatibilni sa drugim (dviije žile) detektorima i traže posebnu kontrolnu opremu.

Daljniska kontrola UV detektora je relativno jednostavna pomoću posebnih UV izvora. Oni obično daju visok nivo UV zračenja i tako ne daju nikakvu realnu indikaciju osjetljivosti detektora. Zbog toga su pogodni samo za testiranje da/ne.

## DETEKTORI VIDLJIVE SVJETLOSTI

Iako većina požara proizvodi vidljivu svjetlost, njen je intenzitet mnogo redova veličine ispod sunčeve svjetlosti. Zbog toga se rijetko, gotovo nikada, ne koriste detektori plamena osjetljivi na vidljivu svjetlost.

## PRIBLIŽNO INFRACRVENI — KORIŠTENJE TREPERENJA PLAMENA

Prvi IC detektori koristili su silikonske senzore i bili su ograničeni na gornju talasnu dužinu od oko  $1,2\mu\text{m}$ . Bili su vrlo osjetljivi na plamen, ali, takođe, i na sunčevu i umjetnu svjetlost. Time je njihova upotreba bila ograničena, a broj lažnih alarma bio je znatan.

Razlog što su ovi detektori upšte bili upotrebljivi je taj što su koristili treperenje zračenja plamena za davanje potvrde alarma i odbacivanje lažnih alarma. Na žalost, ovo nije bilo nigdje dovoljno dobro da ih učini iskoristivim u normalnim uslovima i oni nikad nisu bili široko korišteni. Osjetljivost na treperenje još se i danas koristi kod velike većine IC detektora i predstavlja važan faktor njihove konstrukcije. Mnogo je rada utrošeno na spektru treperenja nastalog difuzionim plamenom, uglavnom od požara sudova sa tečnošću. Svi ovi rezultati pokazuju da on slijedi oblik:

$$\text{Gustina energije} = f(1/\text{frekvencija}),$$

pa se ova funkcija dovoljno tačno može predstaviti kao eksponencijalna za površine suda do  $60\text{ m}^2$ . Vrijedno je zapaziti da se najveći dio energije nalazi u području do  $10\text{ Hz}$  i većina detektora ima područje koje se proteže na dolje do  $2\text{ Hz}$  ili niže. Potreba za analizom signala na tako niskim frekvencijama znači da vrijeme odziva ne može biti manje od nekoliko sekundi. Amplituda treperenja difuzionog plamena je generalno u opsegu  $10\text{--}30\%$ , ali je mnogo manja za plamen sa prethodnim miješanjem (plavi) ili plamen proizveden sagorijevanjem gasa iz gorionika visokog pritiska. I u ovim je slučajevima treperenje još moguće detektovati, pa je IC detektor sposoban da sa dovoljnom osjetljivošću detektuje i takve požare.

## IC DETEKTORI

Da bi se povećala imunost na lažne alarme, bilo je neophodno koristiti veće talasne dužine u IC području. Razlog za ovo jasno je uočljiv na slici 2, koja pokazuje spektar sunčeva zračenja na zemlji zajedno sa spektrom tipičnog požara ugljikovodika. Činjenica da ni jedan spektar nije ravnomjerno ran navodi na zaključak da određeni odabrani talasni opseg može imati dramatičan učinak na mogućnosti detektora. Ovo je stvaran slučaj.



The benefits of working in this region are so great that it has become virtually the industry standard, and pyroelectric sensors having built-in filters transmitting between  $4.1\mu\text{m}$  and  $4.7\mu\text{m}$  are now commonly sold as »fire detection sensors«. The rejection of solar radiation using this bandwidth is considerably better than that achieved at  $2.7\mu\text{m}$  but any detector designed to have good flame sensitivity (that is a range for a  $0.1\text{sq.m}$  petrol fire of over  $20\text{m}$ ) will also respond easily to direct or reflected solar radiation.

For example the author's company produces such a detector which will detect the reference fire at over  $25\text{m}$ . However, the signal produced

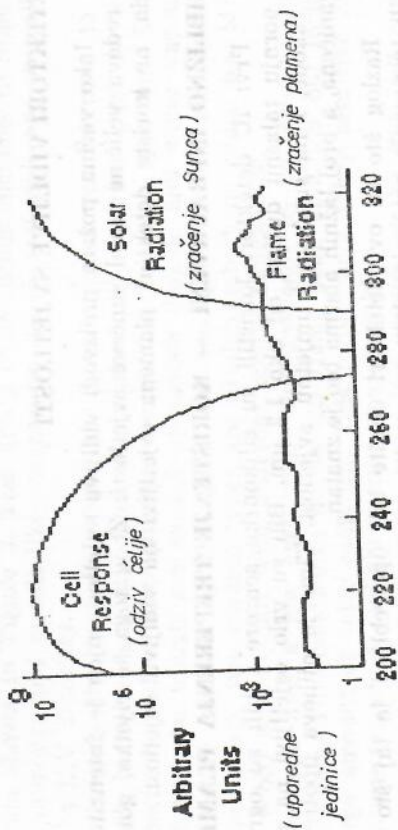


Figure 1. Ultraviolet region (Slika 1. Ultravioletno područje)

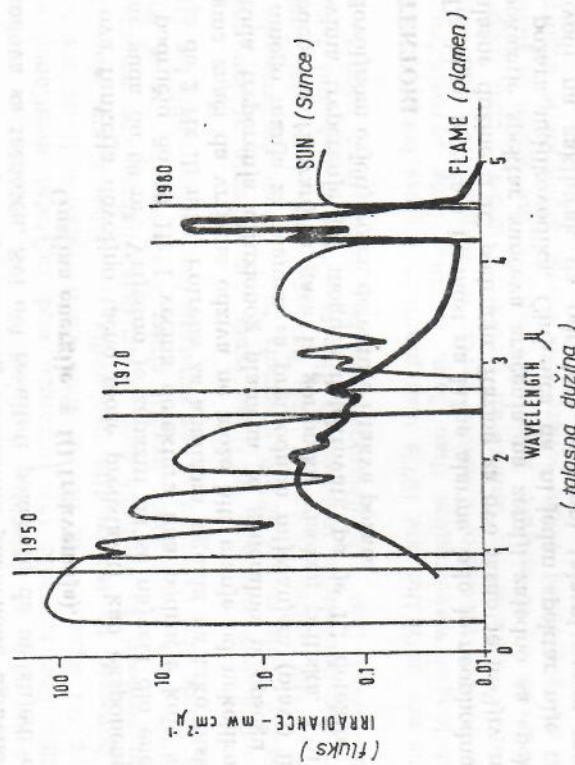


Figure 2. Visible and infrared regions (Slika 2. Vidljivo i infra-crveno područje)

Važno je primijetiti da su konstrukcioni zahtjevi uglavnom usmjereni na plamene goriva koji sadrže ugljik, što je, praktično, kod većine primjena. Svi ovi materijali pokazuju određenu karakterističnu emisiju, što znači da bolji IC detektor daje jedinstven odziv na gotovo sve ugljikovodike. Oni neće dati odziv na gorenje materijala koji ne sadrže ugljik i ne daju tip spektra prikazan na slici 2. U ovoj su grupi materijala vodonik, sumpor, amonijak i metali kao magnezijum. Požar ovih materijala normalno se detektuje UV detektorima.

Poslije približno infracrvenih, istorijski sljedeći korak bio je pomak na talasne dužine između  $2$  i  $3\mu\text{m}$ , gdje je primijećen maksimum u spektru plamena i minimum u spektru sunčeva zračenja. I maksimum i minimum uzrokovani su ugljendioksidom i vodenom parom, koji daju selektivnu emisiju plamena i apsorpciju atmosfere. U ovoj grupi na raspolaganju su dva različita tipa, koji oba koriste olovni sulfid (PbS), ali sa različitim optičkim talasnim područjem.

Jedan tip koristi jeftin senzor koji reaguje u području  $1.8$ – $2.5\mu\text{m}$ . Ovo područje ne obuhvata spektralni pik plamena na  $2.7\mu\text{m}$ , ali obuhvata značajan dio zračenja sunca. Iz ovoga proizilazi dosta osjetljiv detektor, ko- me je sunčevo zračenje još uvijek glavni problem.

Drugi tip koristi skuplju verziju PbS senzora kombinovanog sa optičkim filterom koji daje rezultat u području  $2.7$ – $3.1\mu\text{m}$ . Ono uključuje pik plamena i odsijeca veliki dio solarne radijacije. Detektori koji koriste ovaj opseg talasnih dužina, npr. »infrascan« i »infrastat« od firme Thorn Security, pokazuju mnogo bolje odbacivanje sunčeva zračenja, pa je infrascan atestiran za vanjsku montažu u Australiji.

Osjetljivost detektora koji rade u ovom opsegu talasnih dužina može biti vrlo velika. Na primjer, gore pomenuti infrascan i infrastat detektora- će požar nafte površine od  $0.1\text{ m}^2$  na  $40\text{ m}$ . Njihovo je vrijeme odgovora relativno dugo da se smanji vjerovatnost lažnog alarma kad detektori daju odziv na sunčevu ili umjetnu svjetlost. Odziv na tungstenove svjetiljke da- je neku prednost i on dozvoljava korištenje specijalnih ispitnih izvora unu- tar detektora ili posebnih vanjskih izvora dugog dugog dometa za ispitivanje na licu mjesta.

Tehnologija koja je korištena kod ovih detektora dozvoljava njihovo funkcionisanje na malim naponima i sa malim snagama. Ovo omogu- ćava da ti detektori budu »samosigurni«, ali, koliko je autoru poznato, ovo još nije komercijalno urađeno. U praksi ograničenja koja nameće os- jettljivost na sunce i tungstenove svjetiljke uzrokuje da ti detektori nisu nikad bili korišteni u velikom broju.

Tek krajem 70-tih na raspolaganju se nalaze senzori koji mogu ra- diti na dužinama većim od  $3\mu\text{m}$ . U to vrijeme piroelektrički senzori, koji koriste litijum tantalat, dostigli su nivo odziva i stabilnosti koji ih čine pogodnim za gotovo sve uslove u kojima se očekuje da rade detektori pla- mena. Ovo čini mogućim konstrukciju detektora koji radi u području  $4.3\mu\text{m}$  gdje snažna atmosferska apsorpcija, uzrokovana ugljendioksidom, koincidira sa značajnim emisijom pikom u spektru plamena, takođe uzrokovanim ug- ljendioksidom.



by direct solar radiation is about 10 times the signal needed for alarm and the detector is not really suitable for use where direct or reflected sunlight can fall on the sensor. This performance is typical of many »general purpose« detectors available today.

In order to make any real improvement to this performance it is necessary to examine the flame and solar spectra in more detail as shown in Figure 3. The important point to note is that the atmospheric absorption, which causes the trough in the solar spectrum, is very sharp and very deep but does not coincide exactly with the peak in the flame emission, which is shifted and broadened by Doppler effects. It is possible then to choose a bandwidth which gives greatly increased rejection of solar radiation with only a marginal reduction in the flame signal. It is interesting to note, even through this design relies on atmospheric absorption to eliminate the effects of solar radiation, that the bandwidth chosen is not greatly affected by absorption through the atmosphere between the fire and the detector. This has been verified by examining the variation of signal with distance which has been shown to follow an inverse square law for distances up to at least 80m.

The bandwidth required to achieve this performance is small and the tolerances on the cut-on and cut-off wavelengths are very tight. The bandwidth must be maintained over a wide range of angles of incidence which requires the use of expensive interference filters using high refractive index materials. The change in pass-band with temperature is also very important to achieve good performance over a wide temperature range.

It is easily demonstrated that the rejection of solar radiation is increased by at least a factor of twenty, compared to the standard 4.1 $\mu$ m — 4.7 $\mu$ m, while the reduction in flame sensitivity is less than 40%. This means that the resulting detector can sense the reference fire at 20m but will not false alarm when exposed to direct sunlight even in the sunlight is modulated at the frequencies typical of flame flicker to which the detector is sensitive. This technique is only used at present in the THORN Security S100 detector range and is protected by numerous patents and patent applications.

Examination of the flame spectrum will quickly show that the energy level falls rapidly beyond the carbon dioxide peak at 4.3 $\mu$ m. There is no reason at present to think that operation at longer wavelengths than this will give discrimination as good as that achieved at 4.3 $\mu$ m.

This view is reinforced by consideration of one of the potential false alarm sources for infrared detectors which is black-body radiation. Every surface emits according to the laws of black-body radiation with a peak emission wavelength which varies inversely with temperature. This means of course that the move to longer and longer wavelengths increases the probability of black-body radiation since the detectors will respond to emitters at correspondingly lower temperatures.

The narrow bandwidth used in the detector described above also helps in reducing the response to back-body radiation and this detector shows an improvement of a factor of four over the wide band types. Of course since the detectors respond to flickering signals it is necessary to modulate the black-body radiation to produce any response at all. A steady level of background radiation should not affect any correctly designed detector using a pyroelectric sensor.

Prednosti rada u ovom području su tako velike da je to postalo stvarno standardno, i piroelektrički senzori sa ugrađenim filterima koji propuštaju između 4,1 i 4,7  $\mu$ m sada su u opštoj upotrebi kao »senzori za detekciju požara«. Odbacivanje sunčeva zračenja kod korištenja ovog područja je značajno bolje od onog kod 2,7  $\mu$ m, ali ipak svaki detektor sa dobrom osjetljivošću (koji na požar nafte 0,1 m<sup>2</sup> daje odziv na više od 20 m) daje odziv na direktno ili reflektovano sunčevo zračenje.

Npr. kompanija u kojoj radi autor proizvodi detektore koji detektuju referentni požar na preko 25 m. Ipak, signal koji prouzrokuje direktno sunčevo zračenje oko 10 puta premašuje prag alarma i detektor nije realno koristiti tamo gdje direktno ili reflektovano sunčevo zračenje može dosegnuti senzor. Ove su osobine tipične za mnoge »detektore opšte namjene« koji su danas na raspolaganju.

Da bi se postiglo bilo kakvo poboljšanje ovih osobina, neophodno je detaljnije proučiti spektar sunca i plamena, kako je prikazano na slici 3. Važno je primijetiti da atmosferska apsorpcija, koja uzrokuje ulegnuće u sunčevom spektru koje je vrlo oštro i vrlo duboko, ne koincidira tačno sa pikom emisije plamena koji je pomaknut i proširen Doppler-ovim efektom. Moguće je tada izabrati područje koje daje značajno povećano odbacivanje sunčevog zračenja i neznatno odbacivanje signala plamena. Interesantno je primijetiti da se i ova konstrukcija oslanja na atmosfersku apsorpciju za eliminaciju efekata solarne radijacije, kao i da na izabrano područje ne djeluje značajno apsorpcija kroz atmosferu između požara i detektora. Ovo je potvrđeno ispitivanjem variranja signala sa odstojanjem koje je pokazalo da slijedi inverzni kvadratni zakon od odstojanja bar 80 m.

Područje zahtijevano da se dostignu ove karakteristike je malo i tolerancija granica talasnih dužina su vrlo stroge. Ovo područje mora biti održano u širokom području uglova, što zahtijeva skupe interferentne filtre koji koriste materijale sa visokim indeksom loma. Promjena propusnog područja u zavisnosti od temperature takođe je vrlo važna da bi se postigle dobre osobine u širokom temperaturnom području.

Lako je pokazati da je, u odnosu na područje 4,1—4,7  $\mu$ m, odbacivanje sunčeve radijacije smanjeno bar 20 puta, dok je smanjenje osjetljivosti na plamen manje od 40%. Ovo znači da će ovaj detektor moći da osjeti referentni požar na 20 m, ali neće davati lažni alarm kad je izložen sunčevoj svjetlosti, čak i kad je ona modulirana na frekvencije tipične za treperenje plamena na koje je detektor osjetljiv. Ova tehnika se sada koristi samo u detektorima serije S100 Thorn Security i zaštićena je brojnim patentima i patentnim aplikacijama.

Ispitivanje spektra plamena brzo će pokazati da energetski nivo brzo opada poslije ugljendioskoidnog pika na 4,3  $\mu$ m. Nema za sada razloga za pretpostavku da će rad na talasnim dužinama većim od ove dati razlikovnije signala kao ono postignuto kod 4,3  $\mu$ m.

Ovaj stav je potvrđen razmatranjem jednog potencijalnog izvora lažnih alarma za infracrvene detektore, a to je radijacija crnog tijela. Svaka površina emituje u skladu sa zakonom zračenja crnog tijela sa talasnom dužinom vršne emisije koja se mijenja inverzno sa temperaturom. To, na-



As an indication of the extent of the response to black-body radiation Figure 4 shows the size of body required as a function of distance and temperature, to cause an alarm on the narrow bandwidth detector. It is assumed that the radiation from the surface is 100% modulated — in practice this modulation depth is difficult to achieve except for very small sources which must be at high temperatures to cause alarms. In general then, the rejection of black-body radiation is adequate to eliminate false alarms.

The problem of blocking of radiation described for the ultraviolet region of the spectrum does not apply in the same way for infrared. Films of oil or grease do not absorb infrared, and smoke is relatively transparent at longer wavelengths. In fact, the only important absorber of infrared as far as flame detectors are concerned, is water. At any wavelength beyond 2.7 $\mu$ m, water can absorb strongly even as a relatively thin layer. In practice this only becomes a problem if the water freezes on the detector window to form a layer of ice since it is difficult to form a sufficient layer of liquid water to cause problems. Water in the form of rain or snow in the path between the detector and the fire is not a problem.

It will be clear by now that the narrow bandwidth detector has a response which is quite specific to the carbon dioxide emission, and relies on the fact that the flame is much brighter than a Planckian radiator at that wavelength. This results in low false alarm rates but makes testing in

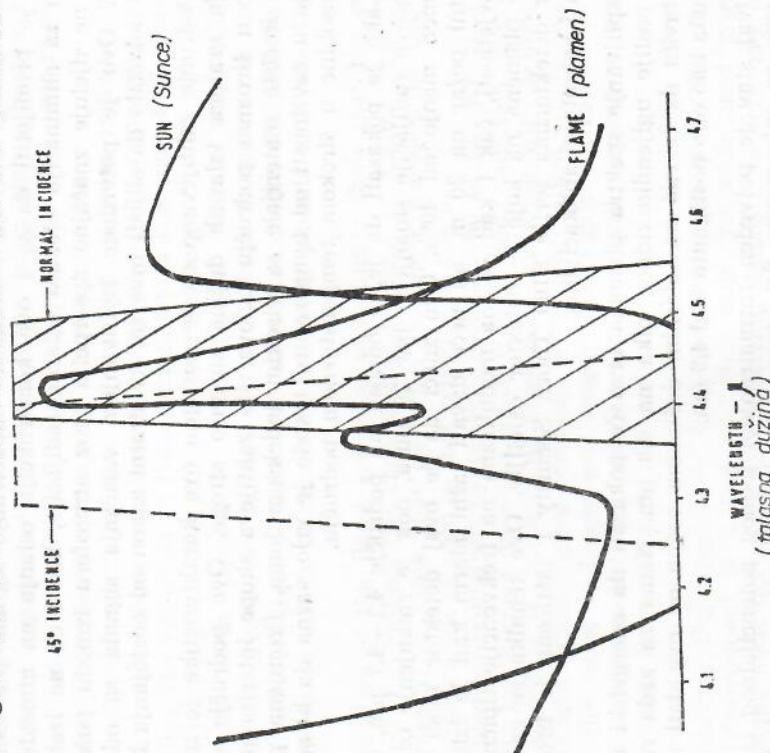


Figure 3.4.3 Micron region Thorn security detector (Slika 3.4.3 Mikronsko područje)

avno, znači da pomak ka sve većim talasnim dužinama povećava problem radijacije crnog tijela kad će detektori odgovarati na emitere na odgovarajućoj nižoj temperaturi.

Usko područje korišteno u gore opisanom detektoru poboljšava redukciju zračenja crnog tijela, pa ovaj detektor pokazuje poboljšanje faktorom 4 u odnosu na širokopojasne detektore. Naravno, kad detektori odgovaraju na trepereće signale, neophodno je modulirati zračenje crnog tijela da bi se upušte omogućio odziv. Konstantan nivo radijacije podloge neće pobuditi ni jedan korektno projektovan detektor sa piroelektričnim senzorum.

Kao indikacija veličine odziva na zračenje crnog tijela (slika 4) prikazuju veličinu tijela potrebnu da se proizvede lažni alarm uskopojasnog detektora u zavisnosti od odstojanja i temperature. Pretpostavljeno je da je radijacija površine 100% modulirana — u praksi je ovakvu modulaciju teško postići, osim za vrlo mala tijela koja moraju biti na visokoj temperaturi da uzrokuju lažni alarm. Tada je generalno odbacivanje zračenja crnog tijela dovoljno da se eliminišu lažni alarmi.

Problem blokiranja zračenja, koji je opisan kod UV područja spektra, ne odnosi se na isti način na infracrveno. Film ulja ili masti neće apsorbovati infracrveno zračenje, a i dim je relativno proziran za veće talasne dužine. U stvarnosti jedini značajan apsorber infracrvenog zračenja je voda bar kad su u pitanju IC detektori. Na svim talasnim dužinama iznad 2,7  $\mu$ m voda, čak u relativno tankim slojevima, može biti snažan apsorber. Praktično, ovo je problem samo ako se voda zamrzne na otvoru detektora i stvori sloj leda, jer je teško stvoriti sloj vode dovoljno debeo da to postane problem. Voda u obliku kiše ili snijega između plamena i detektora ne stvara teškoće.

Sada je jasno da uskopojasni detektor daje specifičan odziv na emisiju ugljendioksida, i zasniva se na činjenici da je plamen na toj talasnoj dužini mnogo svjetliji od Plankova radijatora. Ovo rezultira niskim brojem lažnih alarma, ali uslovljava i otežano testiranje na licu mjesta simulatorima plamena. Autor ne poznaje ni jedan izvor sa sjajem kao onaj kod plamena koji može biti korišten za daljinsko testiranje ovih detektora. Rješenje koje je uslovio THORN Security je korištenje male tungstenove lampice sa vlaknom koja je dio testera i koja mora biti stavljena u kontakt sa detektorom. Ovo u nekim slučajevima može biti nepogodno, ali daje kontrolisan nivo zračenja senzoru, tako da se osjetljivost može korektno potvrditi.

Detektori sa piroelektričnim senzorida mogu se konstruisati da rade na vrlo niskim naponima i sa malom snagom. To znači da oni mogu biti potpuno kompatibilni sa drugim detektorima požara i da se mogu koristiti isti centralni uređaji. To takođe znači da se oni mogu izvesti u »samostojnoj« izvedbi za korištenje u ugroženim prostorima. Detektor S121 od Thorn Security npr. je testiran prema evropskim, SAD, kanadskim i australijskim standardima i može se koristiti u gotovo svim ugroženim prostorima.



the field by using a flame simulator more difficult. The author is not aware of any source which has a brightness approaching that of a flame, which can be used for remote (long range) testing of these detectors. The solution adopted by THORN Security has been to use a small tungsten filament lamp as part of a tester which must be placed in contact with the detector. This may be inconvenient in some applications but does give a controlled level of radiation at the sensor so that sensitivity can be correctly verified.

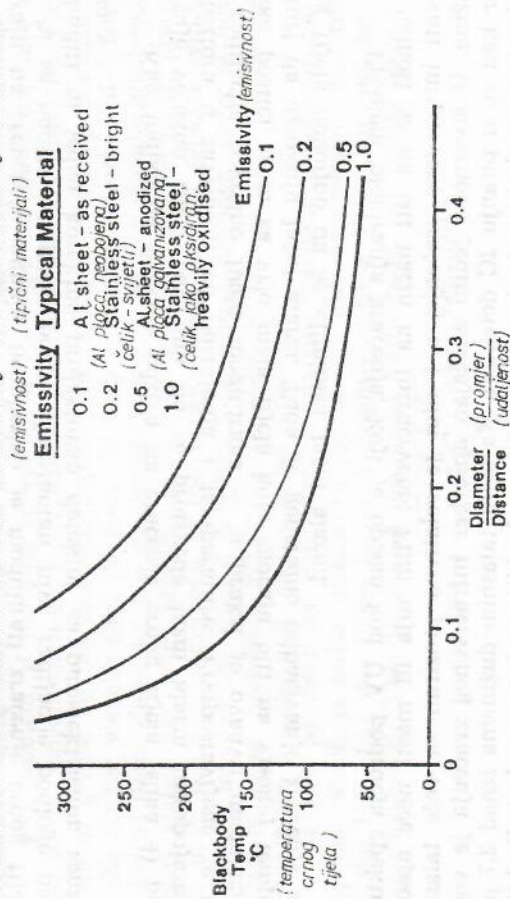


Figure 4. Response to black-body radiation  
Thorn security detector  
(Slika 4. Odziv na zračenje crnog tijela)

Detectors using pyroelectric sensors can be designed to operate at low voltages and very low power levels. This means that they can be made completely compatible with other fire detectors and can be used on the same control equipment. It also means that they can be made intrinsically safe for use in hazardous atmospheres. The THORN Security S121 for example is certified intrinsically safe against European, United States, Canadian and Australian standards and can be used in virtually any hazardous area.

### COMBINED DETECTORS

It will be clear that all the types of flame detector described so far have limitations in that they all respond to at least one source of radiation other than flame. Some, like the near-infrared and visible, are so sensitive to solar radiation and to artificial lights that they are virtually unusable except in closed, dark areas. Ultraviolet detectors cannot be used within a few kilometers of arc welding. In an attempt to overcome this sensitivity to spurious sources, some manufacturers have used a combination of two or more sensors in one detector. It is claimed that in this way the false alarm problem can be eliminated, but is this actually the case and if so, what price is paid in exchange?

### ULTRAVIOLET + INFRARED

One approach in making a combined detector is to simply use two existing types and use an AND gate so that an alarm is given only if both

### KOMBINOVANI DETEKTORI

Jasno je da svi do sada opisani detektori plamena imaju ograničenja u tome da oni reaguju na najmanje jedan izvor zračenja osim plamena. Neki, kao približno infracrveni i na vidljivu svjetlost, tako su osjetljivi na solarnu radijaciju i umjetnu rasvjetu da su praktično neupotrebljivi osim za zatvorene mračne prostore. Ultravioletni detektori ne mogu se koristiti ako se na nekoliko kilometara vrši zavarivanje. U želji da prevaziđu ovu osjetljivost na lažne podražaje neki proizvođači koriste kombinaciju dva ili više senzora u jednom detektoru. Vjeruje se da se na taj način problem lažnih alarma može eliminirati; ali, da li je to stvarno slučaj i ako jeste, koja je cijena plaćena za to.

### ULTRAVIOLETNI + INFRACRVENI

Jedan pristup stvaranju kombinovanog detektora je da se koriste dva postojeća tipa i da se koristi jedan AND sklop tako da se alarm ostvari samo ako oba detektora daju odziv. Ovo je u suštini tehnika koja se koristi u UV/IR detektora i koja zahtijeva odziv i UV i IR da se ostvari alarm. Ovo će stvarno eliminirati lažne alarme uzrokovane lučnim zavarivanjem kod UV, ili radijacijom crnog tijela kod IR detektora, tako da se ovo u tom smislu može smatrati uspješnim. Na žalost, IR detektor ne može pomoći da UV detektor »vidi« kroz sloj ulja ili dima, kao što ni UV detektor ne može pomoći IR detektoru da »vidi« kroz sloj leda, tako da je problem blokiranja rada mnogo teži.

Nije iznenađenje da je kod korištenja »AND« kombinacije sposobnost detekcije znatno reducirana na račun smanjenja lažnih alarma. Obrnuto, ako se koristi »OR« kombinacija, sposobnost detekcije biće veća nego za bilo koju komponentu, ali će osjetljivost na lažne alarme biti mnogo slabija. Ovdje nema lakog rješenja i, prema autorovom mišljenju, kombinovani UV/IR detektor ima male mogućnosti, osim u specijalnim slučajevima.

### DVOKANALNI INFRACRVENI

Finiji pristup je korištenje dvokanalnog infracrvenog detektora. Ovo je suštinski različito po principu rada, jer je samo jedan senzor namijenjen detekciji zračenja plamena, obično u CO<sub>2</sub> području oko 4,3 μm. Drugi senzor detektuje zračenje u području iznad ili ispod u kojem je zračenje plamena obično mnogo manje. Pretpostavlja se da se upoređenjem amplituda dva signala može razlučiti plamen i drugi izvori, posebno sunce i toplo tijelo. Slika 5 pokazuje jedan primjer korištenih područja talasnih dužina.

Ovo rješenje ima izvjesnu eleganciju, ali postoji i nekoliko praktičnih teškoća. Kako detektori koriste odnos dva signala, važno je da senzitivnost oba kanala bude i ostane jednaka tokom životnog doba detektora. Dinamički opseg pojačala mora biti vrlo širok, jer će bilo kakvo izobličene amplitude uticati na odnos signala i time na razlučivanje signala.

U detektorima se stalno koristi treperenje plamena, te se kod boljih konstrukcija, koristi uporedna korelacija dva kanala da bi se poboljšala detekcija u prisustvu visokog šuma okoline. Efektivnost ovoga je normalno ograničena fizičkim razdvajanjem dva senzora. Pokretne sjene ili snažno



detectors respond. This is essentially the technique used in the UV/IR detectors that need a response in the UV and in the IR to give an alarm. This will indeed eliminate false alarms caused by arc welding in the UV detector and by black-body radiation in the IR detector so in this sense can be considered successful. Unfortunately the IR detector cannot help the UV detector to see through oil films or smoke, and nor can the UV detector help the IR detector to see through a layer of ice, so the problem of blocking is much worse.

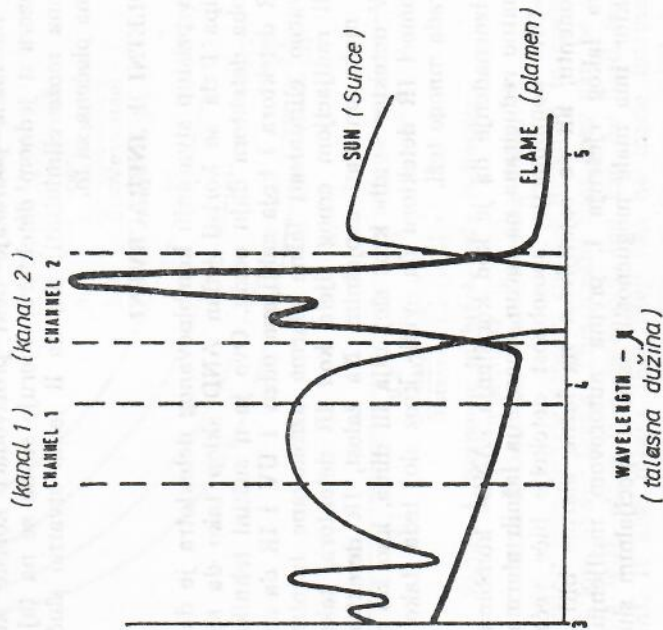


Figure 5. Two-channel infrared (Slika 5. Dvokanalni infracrveni)

It is not surprising that by using the »AND« combination the detection capability is greatly reduced at the expense of the false alarm rejection. The converse is that if an »OR« combination were to be used, the detection capability would be better than that of either component but the false alarm rejection would be much worse. There is no easy solution to this problem and, in this author's opinion the combined UV/IR detector has little to offer except in special applications.

#### TWO-CHANNEL INFRARED

A more subtle approach is used in the two-channel infrared detector. This is fundamentally different in operating principle since only one of the sensors is intended to detect the flame radiation, usually in the carbon dioxide band around 4.3 μm. The second sensor detects the radiation in a band either above or below this in which the flame radiation is usually much smaller. The assumption is that by comparing the amplitudes of the two signals it is possible to discriminate between flames and other sources, espe-

osvjetljenje detektora uzrokovano npr. sunčevom svjetlošću kroz drveće ili reflektovanom od vibrirajuće površine, rezultira faznom razlikom u dva kanala i uporedna korelacija je sasvim poremećena. Bar jedan od sadašnjih dvokanalnih detektora može dati lažni alarm na taj način.

Takođe je vrijedno primijetiti da skoro svi ovi detektori koriste širokopojasne senzore koji odgovaraju »industrijskom standardu«. Da bi se dostigao nivo mogućnosti koji odgovara uskopojasnom tipu, obrada signala mora dati poboljšanje faktorom 4 za zračenje crnog tijela i faktorom dvadeset ili više za sunčevo zračenje. U praksi ovakva poboljšanja nisu dostupna i komercijalno dostupni detektori još daju lažne alarme kad su izloženi suncu ili zračenju crnog tijela.

Ozbiljnija mana ovog tipa je što oni mogu zatajiti kod požara teških ugljikovodika koji gore plamenom sa mnogo dima. U tom slučaju ugljen-dioksidni »šiljak« može biti maskiran zračenjem crnog tijela vrućeg ugljika i odnos dva kanala može biti takav da signal bude odbačen. Ovi se požari lako detektuju jednodokanalnim IC detektorom;

Korištenje dva IC kanala ne reducira blokiranje vodom i ovi su detektori podložni istim organičenijima kao i jednodokanalni. Takođe, povećana složenost i zavisnost od komparabilnosti kanala smanjuje vlastitu pouzdanost ovog tipa. Procjenjujući ovo, zaključujemo da današnji dvokanalni detektori ne daju značajno poboljšanje karakteristika prema optimizovanom jednodokanalnom tipu.

#### REZIME

Ovdje su prodiskutovani principi djelovanja i karakteristike svih raspoloživih detektora plamena. Naglašeno je da je najkritičniji parametar konstrukcije optička širina područja i dati su primjeri dramatičnog efekta koga mogu učiniti relativno male promjene širine talasnog područja.

Da bi bili neosjetljivi na sunce, svi ultravioletni detektori moraju koristiti isto talasno područje, te imaju iste osnovne karakteristike. Njihovu primjenu ograničavaju velika osjetljivost na električne lukove i problemi sa blokiranjem dimom i naslagama ulja.

Detektori koji rade u vidljivom ili približno infracrvenom području vrlo su osjetljivi na sunce, što ih čini gotovo neiskoristivim u normalnim okolnostima. Ovo je konstruktore vodilo većim talasnim dužinama i širini područja koja su specifična za požare ugljikovodika. Ovaj je razvojni put rezultirao uskopojasnim detektorima koji rade na 4,4 μm i koji je imun na efekte reflektovanog ili direktnog sunčeva zračenja. On će, ipak, dati odziv na zračenje crnog tijela, mada nizak, i kao i svi IC detektori može biti blokiran slojem leda.

Dvokanalni detektori nisu još potpuno uspješni. Kombinovani UV/IC tip može lako imati lošije karakteristike od obje komponente. Dvokanalni IC detektori su bolji, ali generalno nisu tako dobri kao optimizovani jednodokanalni tip.

Ukratko, iako imamo odgovarajuće detektore, mi još nemamo »savršeni« detektor plamena. Može li se očekivati da mu se približimo u budućnosti?



cially solar and black-body radiation. Figure 5 shows one example of the bandwidths used.

This method has a certain elegance but several practical difficulties exist. Since these detectors use the ratio of two signals it is important that the sensitivities in the two channels are well matched and remain so throughout the life of the detector. The dynamic range of the amplifiers must be very wide since any amplitude distortion will affect the ratio and hence the discrimination.

The detectors invariably use the flicker of the flame, and in the better designs, use some form of cross-correlation between the two channels to improve detection of signals in the presence of high background noise. The effectiveness of this is normally limited however by the physical separation of the two sensors. Moving shadows or highlights on the detector, caused for example by sunlight through trees or reflected off vibrating surfaces, result in phase differences in the two channels and the cross-correlation is completely defeated. At least one of the current two-channel detectors can be made to false alarm in this way.

It is also worth noting that almost all of these detectors use the wide-band sensors referred to above as the »industry standard«. In order to reach a level of performance equal to that of the narrow-band type the signal processing must give an improvement of a factor of four black-body radiation and a factor of twenty or more for solar radiation. In practice this improvement has not been achieved and commercially available detectors still false alarm in direct sun and with black-body radiation.

A more serious concern over this type of detector is that they may not respond to fires involving heavy hydrocarbons which burn with very smoky flames. In these cases the carbon dioxide »spike« may be masked by the black-body radiation from the hot carbon and the ratio of the two channels can easily be such that the signal is rejected. These fires are detected without difficulty by single channel infrared detectors.

The use of two infrared channels does not help to reduce the blocking caused by water, and these detectors are subject to the same limitations as single channel types. Also, the increased complexity and dependence on channel matching reduce the inherent reliability of this type. On balance then it appears that the present two-channel detectors do not offer significant performance benefits over an optimised single channel type.

## SUMMARY

The operating principles and performance characteristics of most of the available flame detectors have been discussed above. It has been pointed out that the most critical design parameter is the optical bandwidth used and examples given of the dramatic effect that relatively small changes in bandwidth can make.

Ultraviolet detectors are all forced to use the same bandwidth if they are to be solar blind and therefore have the same fundamental characteristics. Their extreme sensitivity to electric arcs and their difficulties in seeing through smoke and oil films all limit their applications.

Detectors working in the visible or near-infrared regions are very sensitive to sunlight, making them virtually unusable in normal environments. This has led designers to longer infrared wavelengths and to bandwidths which are more and more specific to hydrocarbon fires. This line of deve-

## BUDUĆNOST

Ako proučimo spektar plamena, zračenja sunca, crnog tijela i električnog luka i uzmemo u obzir mehanizme blokiranja i apsorpcije zračenja, jasno je da ni jedno područje talasnih dužina ne može dati pouzdanu detekciju i odbacivanje lažnih alarma u svim uslovima. Sva talasna područja daju neki odziv na lažne izvore tako da bilo koja dvokanalna konstrukcija koja se oslanja na odziv kanala A ili kanala B daje u izvjesnim uslovima lažni alarm. Dvokanalna konstrukcija koja koristi kanal A i kanal B neće dati odziv kad su sva\* područja blokirana pod nekim uslovima. Ovo znači da se savršenstvo neće postići korištenjem samo dva kanala.

Pretpostavimo da koristimo tri kanala sa različitim talasnim područjima koji daju alarm na odziv dva od njih; i to (A i B) ili (B i C) ili (A i C). Mogućnost detekcije biće bolja, kao i odbacivanje lažnih izvora, iako će još uvijek biti uslova pod kojim detektor neće raditi. Npr. ako kanali pokrivaju UV približno IC i IC, kombinacija će i dalje biti blokirana emulzijom ulja i vode koja nije rijetka u industrijskim uslovima, i još će biti teškoća kod detekcije požara sa mnogo dima u uslovima kad ima leda.

Kako kombinacija postaje složenija, vjerovatnost lažnog alarma ili blokiranja postoje sve manja, ali povećana složenost smanjuje pouzdanost, povećava teškoće testiranja i održavanja i troškove. Svi ovi faktori, naravno, udaljavaju nas od ideala savršenog detektora i mi, na kraju, možemo zaključiti da je traganje za savršenstvom uzaludno.

## ZAKLJUČAK

Očigledno je da savršen detektor plamena još ne postoji, jer svi postojeći tipovi imaju ograničenja. Mogućnost da se približimo savršenstvu u domenu mogućnosti detekcije i odbacivanja lažnih alarma korištenjem višekanalnih detektora je realna. Nažalost takve karakteristike ići će ruku pod ruku sa povećanim troškovima i smanjenom pouzdanošću.

Koliko će korisnika biti spremno da prihvati takav detektor — vjerovatno vrlo malo. Najbolji od sadašnjih detektora plamena, iako nisu savršeni, mogu se na zadovoljavajući način primijeniti u gotovo svim aplikacijama i, prema autorovom mišljenju, može biti bolje korištenje postojećih nego uzaludno traganje za savršenstvom.

*Roger Barrett, dipl. inž.  
glavni istraživač  
Thorn Security Limited,  
Twickenham, Engleska*

(Sa engleskog jezika preveo mr Vladimir Kapor, dipl. inž.)

\* Bar jedan (p.p.)



lopment has resulted in the narrow-band detector working at 4.4 $\mu$ m which is immune to the effects of sunlight, either reflected or direct. It does however respond to black-body radiation, albeit at a low level, and like all I.R. detectors can be blocked by a layer of ice.

Two-channel detectors are as yet not wholly successful. The combined U.V./I.R. types can easily give the worst characteristics of both components. Two-channel infrared types are better but generally do not perform as well as the optimised single channel type.

In short, although we have detectors that may be adequate, we do not yet have the »perfect flame detector«. Can we expect to move nearer to the ideal in the future?

#### THE FUTURE

If we examine the spectra of flames, solar radiation, black bodies and electric arcs, and also take into account the mechanisms that block or absorb radiation, it is clear that no single wavelength region can give reliable detection and rejection under all conditions. All bandwidths give some response to spurious sources so any two channel design relying on a response from Channel A OR Channel B will fail under some conditions. A two-channel design using Channel A AND Channel B will fail since all bandwidths are blocked under some conditions. This suggests that we will not achieve perfection using only two channels.

Suppose then that we were to use three channels, all having different bandwidths, and rely on any two from three; that is (A AND B) OR (B AND C) OR (A AND C). The detection capability will be better as will the rejection of spurious sources although there will still be conditions under which the detector would not work. For example if the channels covered UV, near-IR, and IR, the combination would still be blocked by an emulsion of oil and water which is not uncommon in industrial processes, and would still have difficulty in detecting a smoky fire in icy conditions.

As the combinations become more complex the probability of false operation or blocking becomes less and less but the increased complexity means reduced reliability, greater difficulty in testing and maintenance, and increased cost. All of these factors of course take us further from our ideal of the perfect detector. And we may decide in the end that the search for perfection is futile.

#### CONCLUSION

It is obvious that the perfect flame detector does not yet exist since all current types have limitations. The possibility of approaching perfection in the areas of detection capability and false alarm rejection using multi-channel detectors is a real one. Unfortunately such performance would go hand-in-hand with increased cost and reduced reliability.

How many users would be prepared to accept such a detector — probably very few. The best of today's flame detectors, although not perfect, can be used satisfactorily in almost all applications and in this author's view we can find better use for our resources than in a vain search for perfection.

Roger Barrett, *dipl. eng.*  
Chief Scientist  
Thorn Security Limited,  
Twickenham, England

#### INTELIGENTNI SISTEMI — POUZDANOST I NJIHOVE MOGUĆNOSTI

Razmotrena je pouzdanost automatskog sistema za otkrivanje požara kao vjerovatnoća da se njegove karakteristike u toku eksploatacije za dati vremenski interval neće promijeniti usljed uticaja okoline. Nova generacija inteligentnih sistema daje veće mogućnosti kako u hardverskom, tako i u projektantskom dijelu za poboljšanja koja u velikoj mjeri smanjuju vremenske intervale nefunkcionalnosti sistema. Uvođenjem analognih adresibilnih senzora, omogućeno je neprekidno ispitivanje karakteristika sistema u kratkim vremenskim intervalima i svako odstupanje od datih vrijednosti odmah se uočava, a svi potrebni podaci memorišu i štampaju na printeru. Učestalije provjere rada sistema sa velikim brojem podataka o njihovom radu imaju uticaja i na ukupan broj lažnih alarma.

#### INTELLIGENT SYSTEMS — THEIR RELIABILITY AND POSSIBILITIES

Automatic fire detection systems reliability has been examined as the probability for the reason that the characteristics of system said during the exploitation of the alarm within the given time interval shall not change due to environment influence. New generation of intelligent systems give greater possibilities either in hardware or in designer's part relating to the improvement which in large extent reduce the time intervals of systems nonfunctionalism. With the introducing of analogues, addressible sensors, it is possible to inspect continually the characteristics of systems within the shorter time intervals when any deviation from the given values could be noticed and all necessary data are memorized and printed on printer. More often, system work examinations with the great number of data related to systems work said influence the total number of false alarms as well.

UDK 614.84:681.14

Primljeno: 1988-04-25

Pregledno-istraživački rad

RADIVOJ TASIC, dipl. fiz.

#### INTELIGENTNI SISTEMI — POUZDANOST I NJIHOVE MOGUĆNOSTI

Naslov ovog referata je uzet dosta slobodno, prvenstveno zbog već ustaljene terminologije za novu generaciju sistema koji sadrže analogne adresibilne senzore, kao i velike mikroracunare. Naziv INTELIGENTNI SISTEMI, po mom mišljenju, nije najbolje odabran, jer se zapravo radi o sistemima koji samo nagoveštavaju prelaz sa konvencionalnih ka sistemima velikih mogućnosti.

Višegodišnje iskustvo u radu sa protivpožarnim alarmnim sistemima (PA sistemima) nagovestilo je potrebu za novim rešenjima koja će smanjiti broj lažnih alarma i povećati pouzdanost sistema. Ako pouzdanost PA sistema definišemo kao vjerovatnoću da se njegove karakteristike u toku eksploatacije za dati vremenski interval neće promeniti usled uticaja okoline, onda prvenstveno mislimo na hardverski deo koji sadrži senzore, kablove, kontrolni uređaj i uredaj za napajanje. Ukoliko pak pouzdanost definišemo kao vjerovatnoću da će se signal alarma, u slučaju požara, dobiti dovoljno rano da se mogu preduzeti odgovarajuće akcije (gašenje i evakuacija), a da pri tome nema lažnih alarma, onda je neophodno da se obuhvati i onaj



deo koji se odnosi na izbor detektora, postavljanje, održavanje, servisiranje, itd. U ovom referatu ćemo pažnju usmeriti na onaj prvi deo.

Prema sadašnjim tehnološkim mogućnostima, uvođenjem IPA sistema u cilju brže evakuacije i bolje zaštite ljudi i materijalnih dobara, može se više očekivati na polju kontrole i nadzora. Oni treba da omogućavaju da se, na osnovu dobijenih podataka od senzora, formira odgovarajući kriterijum kojim bi se kompenzirali svi efekti uticaja okoline i softverski menjala osetljivost senzora prema uslovima ambijenta. Podešavanje osetljivosti senzora, nakon njihovog postavljanja i rada u uslovima ambijenta, dozvoljava nam da im povećamo osetljivost iznad graničnih vrednosti definisanih postojećim standardima za klasične detektore. Ovakvo podešena osetljivost može se automatski rekalibrirati u određenim vremenskim intervalima čime se postiže veća pouzdanost i za detektore velike osetljivosti.

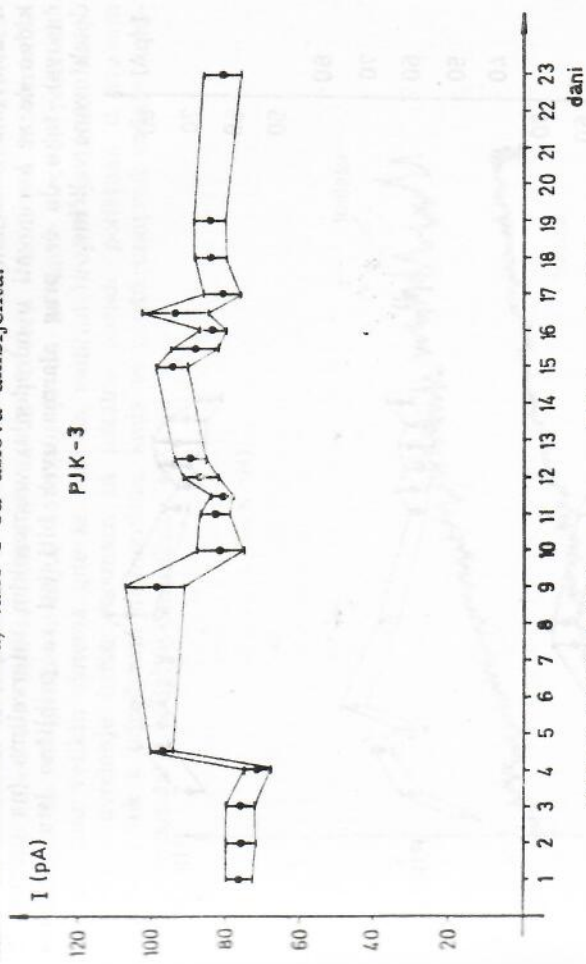
Pravilan izbor osetljivosti senzora zasniva se, pre svega, na dobrom poznavanju karakteristika požara. Ovde prvenstveno mislimo na produkte oslobođene sagorevanjem, kao što su: gasovi ili čestice dima, a takođe i na energiju oslobođenu konvekcijom i zračenjem. Bez obzira na to koji od pomenutih produkata izaberemo kao način za otkrivanje požara, njegova gustina ili koncentracija je najveća u neposrednoj blizini mesta sagorevanja.

Produkti sagorevanja se u najvećoj meri prenose fizičkim kretanjem vazduha (konvekcijom) ili zračenjem. Zračenje se prenosi pravolinijski velikom brzinom, dok je prenos konvekcijom mnogo sporiji proces i zavisi od velikog broja parametara. Izbor produkta sagorevanja za detekciju zavisi od više elemenata koji se uzimaju u razmatranje (količina oslobođenih produkata za različite vrste požara, njihova količina i fluktuacija u uslovima ambijenta, prostiranje, efikasnost otkrivanja i dr.). Tako se za većinu gasova oslobođenih sagorevanjem lako može zaključiti da su manje pogodni za PA sisteme u odnosu na druge produkte sagorevanja kao što je, na primer, detekcija toplote.

Najveći broj detektora za požar zasniva se na otkrivanju povećane koncentracije čestica (dima) u vazduhu, porastu temperature ili promene temperature, a ređe na detekciju zračenja. Da bismo izvršili pravilan izbor detektovane veličine, potrebno je da poznamo način na koji se ona prenosi od mesta požara do mesta detekcije. U slučaju dima ili toplote, kada nema strujanja vazduha, prostiranje se vrši simetrično u obliku kupe koja se diže prema tavanici gde se vertikalno pravac kretanja porudkata sagorevanja menja u horizontalan. Mada je teško teoretski predvideti kretanje u podtavaničnom sloju za sve uslove i vrste požara, u nekim posebnim slučajevima je moguće izvršiti dobru aproksimaciju. Bolje, ali znatno skuplje rešenje, jeste simuliranje požara za različite geometrije prostorija. Uz pretpostavku da je dobro izabrana detektovana veličina i na pogodno mesto postavljen senzor, ostaje još uvek otvoreno pitanje izbora osetljivosti i stabilnosti rada tokom dužeg vremenskog intervala u uslovima ambijenta.

Prema danas važećim međunarodnim standardima, definisane su donja i gornja granica osetljivosti detektora, dok je samo određivanje praga alarma unutar zadatih vrednosti prepušteno proizvođačima ili korisnicima. Donja granica osetljivosti za većinu detektora, u najvećem broju slučajeva se definiše kao kompromis između broja lažnih alarma i potrebne osetljivosti da bi detektor odgovorili svojoj osnovnoj nameni. Kod većine konvencionalnih detektora koji se danas koriste za otkrivanje požara, prag oset-

ljivosti se postavlja ispod praga alarma. Da bi mogla na bolji način da se iskoristi osetljivost detektora i spusti prag alarma, neophodno je poznavanje fluktuacije osnovnog fona za detektovanu veličinu. Ove promene zavise kako od kvaliteta senzora, tako i od uslova ambijenta.



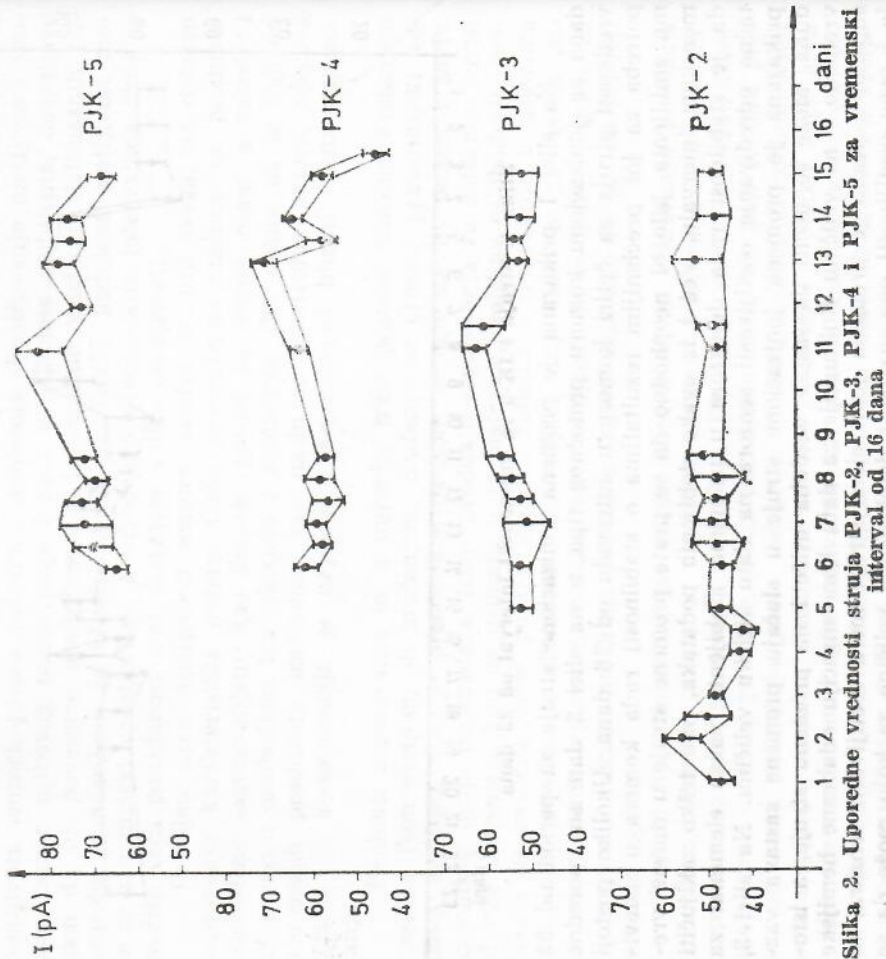
Slika 1. Struja PJK-3 za vremenski interval od 23 dana

Na slici 1 prikazana je promena jonizacione struje za period od 23 dana za jonizacionu komoru protočnog tipa, a na slici 2 date su uporedne vrednosti struja za četiri komore u intervalu od 16 dana. Ukoliko postoji potreba za još preciznijim rezultatima o stabilnosti rada komora u uslovima ambijenta, bilo bi neophodno da se prate promene struje u dužem vremenskom intervalu. Već i iz ovako dobijenih podataka, nije teško zaključiti da je stabilnost rada detektora u uslovima ambijenta važan element za tačno određivanje osetljivosti senzora na datu fizičku veličinu. Na slici 3, prikazana je promena jonizacione struje u slučaju promene sastava vazduha. Može se uočiti da sastav vazduha utiče i na promenu struje, a isto vreme i na veličinu fluktuacije za datu koncentraciju odabrane hemijske supstance. Kako je promena jonizacione struje mera osetljivosti senzora, to je i prag osetljivosti ona vrednost detektovane veličine za koju može da se registruje promena jonizacione struje. Ako jonizaciona struja u svakom trenutku vremena ima različitu vrednost, to će i veličina jonizacione struje, usled prisustva detektovane veličine, imati različite vrednosti. Poznavanje vrednosti merene fizičke veličine u uslovima ambijenta omogućava bolje definisanje praga alarma, a time i osetljivosti sistema u celini.

S druge strane, jednom definisana vrednost praga alarma ne može se smatrati konstantnom veličinom, jer se njegova vrednost u toku vremena menja. Kod nekih tipova detektora, prag alarma se pomera prema većoj osetljivosti a kod drugih prema manjoj, što se negativno odražava na osnovnu funkciju sistema. Dobro definisan i konstantan prag alarma je bitan preduslov za pouzdan rad sistema. Određena poboljšanja u ovom smislu nam pružaju analogni sistemi koji omogućavaju da se promene osnovne



fizičke veličine prate i kontrolišu sa jednog mesta. Promene i kontrolu možemo da poverimo jednom mikroračunaru koji, uz dobru softversku podršku, može dosta dobro da definiše prag alarma za date vrednosti promenljivih u uslovima ambijenta. Jednom određene vrednosti za prag alarma neprekidno će se korigovati u određenim vremenskim intervalima (na primer 48 časova), tako da će prag alarma uvek biti isti za približno istu vrednost detektovane veličine.

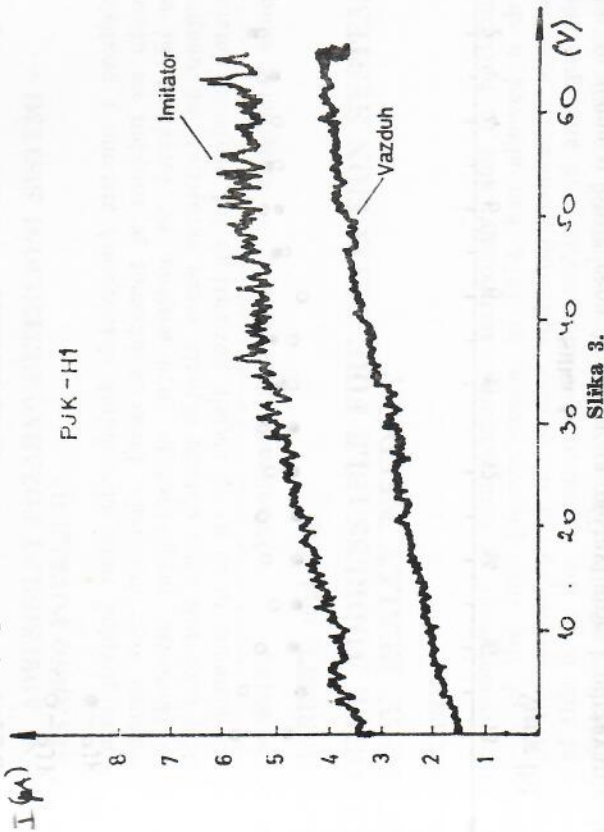


Slika 2. Uporedne vrednosti struja PJK-2, PJK-3, PJK-4 i PJK-5 za vremenski interval od 16 dana

Podatke o svim merenim veličinama, za svaki senzor posebno, možemo da pratimo na ekranu ili štampaču. Ovo zahteva adresiranje svih senzora u PA sistemima. Na ovaj način se znatno smanjuju troškovi održavanja i servisiranja sistema, jer možemo da znamo za svaki element posebno kada je potrebno izvršiti servisiranje. Pored veće pouzdanosti, jednostavnijeg i jeftinijeg održavanja i servisiranja sistema, analogni sistemi u velikoj meri smanjuju troškove za postavljanje i održavanje instalacija.

Fleksibilna i centralizovana kontrola stanja svakog senzora posebno dozvoljava izradu algoritama za različite vrste promena određenih parametara u okolini detektora. Veliki broj različitih mogućnosti zahteva korišćenje većih i bržih računara, tako da još uvek razvoj IPA sistema ne može da krene u ovom pravcu, mada je bilo izvesnih pokušaja.

Osnovni problem kod ovih sistema je prenos enkodovanih digitalnih signala od senzora do centralne jedinice. Prilikom prenosa postoji mogućnost da se, usled elektromagnetnih ili drugih smetnji i pored obezbeđene zaštite, podaci delimično ili u potpunosti izgube. Ovde je neophodno koristiti isključivo digitalna sredstva dobijena od komunikacionih sistema za proveru i kontrolu informacija. U slučaju da se greške otkriju, dovoljno je da se samo prenos podataka ponovi. Kod velikih sistema gde se radi sa velikim brojem podataka neophodno je uvođenje brzih računara ili lokalne obrade podataka u svakom senzoru i tek u određenim momentima, kada se predu unapred zadate vrednosti, senzor šalje podatke centralnom sistemu.



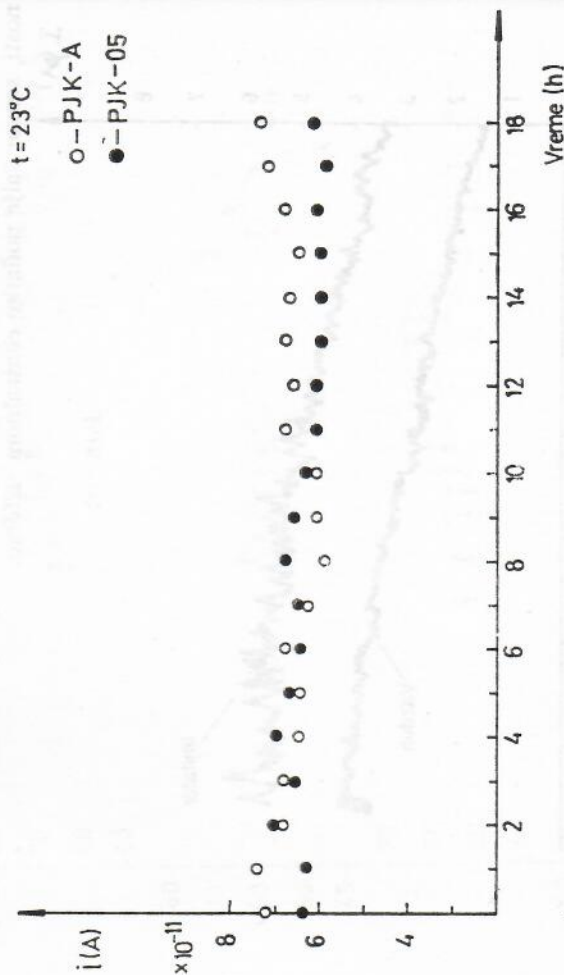
Slika 3.

Imajući u vidu da je danas u velikoj meri rešen problem prenosa informacija i da postoje opšteprihvaćeni standardi iz ove oblasti, potrebno je usmeriti razvojne zadatke ka povezivanju lokalnih sistema u jedan centralni u kome bi se pratile sve vitalne funkcije lokalnih sistema. Sa ovim bi se postiglo da odluku o požaru više ne donosi defektor, što je slučaj kod konvencionalnih sistema, ni lokalna mikroprocesorska jedinica, što je slučaj kod današnjih analognih sistema, već ljudi, na osnovu dobijenih podataka iz velikih mikroračunara. Na ovaj način bi se rešio trenutno najaktuelniji problem skupih izlazaka vatrogasnih jedinica zbog lažnih alarma.

Uvođenje mikroračunara u PA sisteme otvara i niz nerešenih pitanja koja su karakteristična za sve procese kontrole u realnom vremenu. Sistem može da ispadne iz rada usled nepredvidivih okolnosti ili da dođe do gubitaka podataka. Softverska kontrola je tada nekorisna, a sistem izvan funkcije. Jedino rešenje, u ovom slučaju je resetovanje sistema što ponekad može da bude i kritično zbog gubitaka svih dinamičnih podataka. Softverska kontrola se najčešće sprovođi jednostavnim hardverskim rešenjem, na primer, pomoću kondenzatora koji se neprekidno puni preko definisanog otpornika u određenim vremenskim intervalima nakon tačno određene komande u programu.



Za velike sisteme, potreba za neprekidnom kontrolom svakog uređaja zasebno i sistema u celini, zahteva izradu operativnog sistema, takvog, da se planira izvršenje svih zadataka koji nisu u direktnoj vezi sa PA sistemima paralelno, pod uslovom da konfiguracija računara to dozvoljava u slučaju maksimalne angažovanosti po svim zahtevima istovremeno (širenje požara, ulazak provalnika, energetske kontrole i dr.). Ukoliko ne postoji mogućnost paralelnog rada, neophodno je da se definiše prioritet. Mogućnosti većih mikroracunara su danas takve da je moguće raditi sa višenamenskim sistemima, što će se ubuduće sve više i činiti.



Slika 4.

Ako se uzme u obzir cena koštanja za postavljanje i održavanje instalacija, zatim sličnosti u funkcionalnim zahtevima za požar, provalu i kontrolu i upravljanje energetskim sistemima ili uređajima, jasno je da će se rešenje tražiti u kombinovanim višenamenskim sistemima. Ubuduće će se sve više koristiti kompjuterska grafika koja će moći, koristeći velike baze podataka, da simulira posledice požara na bilo kojoj lokaciji i u slikovitoj formi. Pored toga, pokazalo se veoma korisnim izdavanje uputstava pomoću sintetizovanog govora, posebno u kritičnim situacijama kao što je potreba za brzim napuštanjem objekta.

Iz samo nekoliko primera o mogućnostima koje pružaju mikroracunari u oblasti PA sistema, jasno je da se njihova primena više ne može zaobići. Prave razvoja IPA sistema treba staviti u razumne okvire i tek nakon opravdane praktične primene možemo govoriti o pravoj vrednosti datog rešenja.

Radioj Tasić, dipl. fiz.  
 Institut za nuklearne nauke  
 »Boris Kidrič« — Vinča

#### LITERATURA

- [1] R. Tasić, N. Čaklović: Primena mikrokompjutera u alarmnim sistemima za požar, *Požar ekspl. prevent.*, V (1), 1984, str. 27—32.

## ANALOGUE ADDRESSABLE FIRE DETECTION SYSTEMS — ARE THEY REALLY NEEDED?

A brief summary of the operation of addressable fire detection systems is given and some of the advantages that they offer are discussed. Particular emphasis is placed on the influence of these systems on the design philosophy applied to the detectors or sensors. The author stresses that although increased signal processing can result in improved system performance, it should not be used as an excuse for poor detector design.

## ANALOGNI ADRESIBILNI POŽARNO-DETEKCIONI SISTEMI — JESU LI STVARNO POTREBNI?

Dat je kratki pregled rada adresibilnih detekcionih sistema i prodiskutovane su prednosti koje oni nude. Poseban akcenat je stavljen na uticaj ovih sistema na filozofiju projektovanja primijenjenju na detektore ili senzore. Autor ističe, iako viši nivo obrade signala može rezultirati na unapređenju performansi sistema, to se ne bi smjelo koristiti za loš projekt detektora.

UDK 614.84:654.93      Primljeno: 1988-04-25      Originalni naučni rad

ROGER BARRETT, dipl. eng.

## ANALOGUE ADDRESSABLE FIRE DETECTION SYSTEMS — ARE THEY REALLY NEEDED?

### INTRODUCTION

The development of semiconductor technology, and in particular the introduction of the first microprocessor in 1972, has allowed a dramatic increase in the sophistication of control and instrumentation systems. One example of this is in the appearance of addressable, and analogue addressable, fire detection systems. These systems are welcomed by some as the answer to all problem in fire detection and condemned by others as technology for technology's sake.

Which of these views is more accurate? Does the use of a computer make a system »intelligent«, and what benefits result from its use? There are undoubtedly benefits, but there are also many opportunities for unscrupulous designers and manufacturers to disguise their errors using mysterious »software« and »algorithms« which may be difficult, if not impossible, to test or evaluate.

This paper will attempt to examine some of the benefits that can result from »new generation systems« and to point out some of the limitations of software as opposed to hardware.

### WHY ADDRESSABLE?

The primary requirement of any detection system, however simple or complex, is that it detects »fires« reliably and does not respond spuriously to other environmental effects which are unrelated to fire. Having detected the fire it must then perform some action, which may be simply ringing a bell, or may involve releasing extinguishant, signalling to a remote location and so on.



Figure 1 shows a typical conventional fire detection system in which individual detectors are connected by two-wire circuits to the control and indicating equipment. Normally, each circuit is called a »zone« and relates to a particular physical area in the protected building. This concept of a physical zone is an important one in defining search areas and so on. The major limitation of such systems is that when a detector alarms, its position is only known to zonal level. This can pose real problems in locating fires in, for example, hotels, when every detector is behind a locked door.

This difficulty is overcome in the addressable system shown in Figure 2 in which the same physical area is covered by one circuit. This is made possible because each detector includes its own communication circuit and can signal its own address to the control equipment. An alarm can now be located to the precise detector although the area is still divided into zones to assist in alert and evacuation procedures.

At present there does not appear to be any agreement over the terminology to be used for these new generation systems. To avoid any confusion this paper will follow the British Standard, and use the term »detector« to cover all varieties from two-state to analogue addressable. In many systems the detector is in fact made in two parts, one being a transducer or sensor, and the other an addressable base. In these cases the two parts combined form the addressable detector.

In these new generation systems, the information sent from the detector to the control equipment may be two-state (normal and alarm) and result from a decision made in the detector. This system would be classed as »addressable«. If the signal is a multi-state or continuously varying one, and the alarm decision is taken in the control equipment, the system is classed as »analogue addressable«.

Now that the control equipment has access to analogue signals it is possible to apply a higher level of processing and, it is claimed, overcome many of the problems found in conventional detectors. This claim is examined in more detail later in this paper, but one fact is clear — no amount of signal processing can make a detector (or sensor) respond to a fire for which it is not suited. It is accepted in conventional detectors that a range of detector types is need to cater for all fire types, and this fact is equally true for analogue addressable systems. It is therefore important when choosing or specifying such systems to ensure that the supplier can provide an adequate range of sensor types.

#### ADDRESS SYSTEM CONFIGURATIONS

The way in which the address system operates will determine many of the features that can be offered. Two distinct types of system are in use, which I will call sequential and random. In sequential types the addresses can only be accessed in a pre-determined order fixed by the hardware.

The order may be determined by the physical position of the detector in the circuit, with the addressing signal being passed from one detector to the next. This method is very restrictive since the detector circuit must be continuous and cannot contain spurs. Modifications to the system may be difficult since the addition of a detector in the loop will affect the addresses of all subsequent detectors.

Electronically sequenced systems normally use pulse counting methods for addressing. While they are more flexible and can be more easily

ROGER BARRETT, dipl. inž.

## ANALOGNI ADRESIBILNI POŽARNO-DETEKCIONI SISTEMI — JESU LI STVARNO POTREBNI?

### UVOD

Razvoj tehnologije poluvodiča, a posebno uvođenje prvog mikroprocesora 1972. godine, doveo je do dramatičnog porasta inteligencije upravljačkih i mjernih sistema. Primjer ovoga je pojava adresibilnih i analognih adresibilnih požarno-detekcionih sistema. Ove su sisteme mnogi smatrali odgovorom na sve probleme u detekciji požara, a drugi su ih osudili kao tehnologiju radi tehnologije.

Koji je od ovih stavova tačniji? Da li upotreba kompjutera sistem čini »inteligentnim« i koje prednosti donosi njihovo korištenje? Nesumnjivo postoje koristi, ali postoje i mnoge mogućnosti za beskrupulozne konstruktore i proizvođače da svoje greške prikriju korištenjem misterioznog »softvera« i »algoritama«, pa ih može biti teško, ako ne i nemoguće, ispitati ili utvrditi.

Ovim se radom nastoje ispitati neke prednosti koje proizilaze iz sistema »nove generacije« i utvrditi neka ograničenja softvera u odnosu na hardver.

### ZASTO ADRESIBILNI?

Prvi zahtjev svakog jednostavnog ili složenog detekcionog sistema je da on pouzdano otkrije požar a ne reaguje na druge efekte okoline koji nisu povezani sa požarom. Po otkrivanju požara sistem mora preduzeti neku akciju koja može biti jednostavan zvučni alarm ili može obuhvatiti aktiviranje gašenja, signalizaciju na udaljena mjesta, itd.

Slika 1. pokazuje tipičan konvencionalan sistem kod koga su detektori povezani dvožičnom vezom na centralni uređaj. Normalno se svaki strujni krug naziva »zonom« i odgovara pojedinom fizičkom prostoru štićenog objekta. Ovaj koncept fizičke zone jedan je od važnih u pronalaženju požara. Osnovno ograničenje takvog sistema je da kad je detektor u alarmu njegova je pozicija poznata samo na nivou zone. Ovo može dovesti do stvarnog problema lokacije požara u npr. hotelima gdje je svaki od detektora iza zaključanih vrata.

Navedena teškoća je prevaziđena u adresibilnom sistemu prikazanom na slici 2, u kome je isti fizički prostor pokriven jednim strujnim krugom. Ovo je omogućeno time što svaki detektor sadrži svoj komunikacijski krug i može signalisati vlastitu adresu centralnom uređaju. Alarm sada može biti lociran tačno na pojedini detektor, iako je prostor još uvijek podijeljen na zone radi pomoći kod evakuacije.

Nema još uvijek nikakvog dogovora o terminologiji koja se koristi za sisteme za nove generacije. Zbog izbjegavanja zabune, u ovom će se tekstu koristiti Britanski Standard, i izraz »detektor« za sve izvedbe od klasičnog do analognog adresibilnog. U mnogim sistemima detektor je, u stvari, izveden iz dva dijela jednog pretvarača ili senzora i drugog adresibilne baze. U ovom slučaju ova dva dijela zajedno čine adresibilni detektor.



extended or modified, they cannot interrogate individual sensors without scanning the whole circuit. This can result in long response times which may be unacceptable, particularly for manual call points.

Random addressing on the other hand, allows the controller to access any address in any sequence and the repeatedly interrogate addresses to confirm data. Address points can be added or removed easily without affecting other points and there are no restrictions on the physical configuration of the circuit wiring. This allows the optimum use of cable and gives the best opportunity for cost reduction. It is concluded therefore that random addressing is preferred to other methods.

#### ADDRESS SETTING TECHNIQUES

In most systems using electronic, rather than physical, methods of addressing, it is necessary to set the address of each point when commissioning the system. Some designers have chosen to integrate the address circuit with the plug-in detector, leaving the base completely free of electronic circuits. This can make commissioning easier but does mean that the address is no longer associated with a particular physical position. If two detectors are interchanged then their addresses are also interchanged, which could have disastrous results.

The author feels that the correct place for the address is in the base, thereby guaranteeing that its position does not change when the detector is changed, for example during routine servicing.

#### SYSTEM INTEGRITY

The uses of detector circuits containing perhaps one hundred detectors raises questions over the effect of circuit faults. It could be possible for a break in the line to cause the loss of almost all the detectors. The fault is revealed but the system is out of commission until repaired. To guard against this possibility most systems can be »ring wired« so that in the event of a line break the circuit can be driven from both ends. Two breaks can of course still disable most of the system but the probability of this is much lower.

Short circuits are not helped at all by ring wiring and, because of this, most manufacturers provide some kind of isolator unit. These sense short circuits and automatically isolate the faulty section of line. They must be bi-directional and be used in a ring wired circuit to provide complete protection. Again, two faults can disable a large part of the circuit.

Some manufacturers incorporate an isolator in every base. This gives maximum protection but since the semiconductor switches used normally have significant resistance, the number of detectors in a loop may be limited to fifty or less.

To provide the highest degree of tolerance to line faults the wiring runs must be carefully chosen and line isolators used at frequent intervals. It is possible, though not always obvious, that a wiring arrangement using a number of spurs, as shown in Figure 3, can give better tolerance than a simple ring wired circuit. In any case the aim of the system designer must be to ensure that the addressable system is at least as good as a conventional system — that is to say, no single fault should disable more than one detection zone. Clearly, in the case of two line faults it is likely that a conventional system would lose less than the typical addressable system.

U ovim sistemima nove generacije, informacija koja se pošalje iz detektora do centralnog uređaja može biti dvoznačna (normalno stanje i alarm) i rezultira iz odluke donesene u detektoru. Ovaj se sistem može klasifikovati kao »adresibilni«. Ako sistem ima više stanja ili se stanje stalno mijenja, a odluka o alarmu se donosi u centralnom uređaju, sistem je klasifikovan kao »analogno adresibilni«.

Sada, kada centralni uređaj ima pristup analognim signalima, moguće je postići viši nivo upravljanja i od njega se zahtijeva da prevaziđe mnoge probleme koji postoje kod konvencionalnih detektora. Ovaj zahtjev je detaljnije proučen u nastavku ovog rada, ali je jedna činjenica jasna — nikakav nivo obrade signala ne može učiniti da detektor (ili senzor) reaguje na požar za koji on nije namijenjen. Kod konvencionalnih detektora prihvaćeno je da je potrebna skala detektora da se zaštitimo od svih požara, i ova je činjenica jednako tačna i za analognu adresibilne sisteme. Zbog toga je važno kod izbora ovakvog sistema uvjeriti se da proizvođač može isporučiti odgovarajuću skalu tipova senzora.

#### KONFIGURACIJA ADRESNIH SISTEMA

Način na koji adresni sistem radi, određuje mnoge osobine koje on nudi. U upotrebi su dva različita tipa sistema, koja ću nazvati sekvencijalni i slučajni. U sekvencijalnom tipu, adresama se može pristupiti samo po unaprijed određenom redu fiksiranom hardverom.

Ovaj redosljed može biti određen fizičkom pozicijom detektora u krugu, kad adresni signal prolazi od jednog do drugog detektora. Ovaj je metod vrlo restriktivan, jer strujni krug mora biti neprekinut i ne smije sadržati ogranke. Modifikacije u sistemu nisu jednostavne, jer će dodatak detektora u petlji uticati na adrese svih sljedećih detektora.

Elektronički sekvencijalni sistemi koriste, normalno, metod brojanja pulseva za adresiranje. Iako su fleksibilniji i mogu biti lakše prošireni i modifikovani, oni ne mogu provjeravati pojedini senzor bez ispitivanja čitavog kruga. Ovo može uzrokovati dugo vrijeme odziva koje može biti neprihvatljivo, posebno za ručne javljače požara.

Adresiranje sa slučajnim pristupom sa druge strane dozvoljava centralnom uređaju pristup svakoj adresi u svakom trenutku i brzo ponavljanje adresiranja zbog potvrde podataka. Adresna tačka može lako biti dodana ili odstranjena bez uticaja na druge tačke i ne postoje ograničenja u fizičkoj konfiguraciji ožičenja. Ovo omogućava optimalno korištenje kabla i daje dobre šanse za smanjenje troškova. Može se, dakle, zaključiti da je slučajno adresiranje bolje od drugih metoda.

#### TEHNIKA POSTAVLJANJA ADRESA

Kod većine sistema koji koriste elektroničke, a ne fizičke metode adresiranja, potrebno je podeliti adrese za svaki detektor kod prijema sistema. Neki su konstruktori izabrali da integrišu adresni krug sa glavom detektora, tako da je njegovo podnožje potpuno bez elektroničke. Ovo može olakšati prijem sistema, ali to znači da adresa nije više pridružena poje-



## THE SIGNIFICANCE OF ANALOGUE TRANSMISSION

The discussion above relates equally to simple addressable or to analogue addressable systems, each of which can locate the precise position of the detector which has responded. So what additional benefits are gained from sending analogue information to the control unit? The answer normally given is that by centralising the system processing it becomes possible to share a larger, more powerful, processing unit between many detectors and to make better use of the information gathered by the sensors. It is usually assumed that such an approach makes a »better« system although this is often questionable.

To understand what can be done with these systems we need to look at what the analogue signal represents. The detector no longer makes the

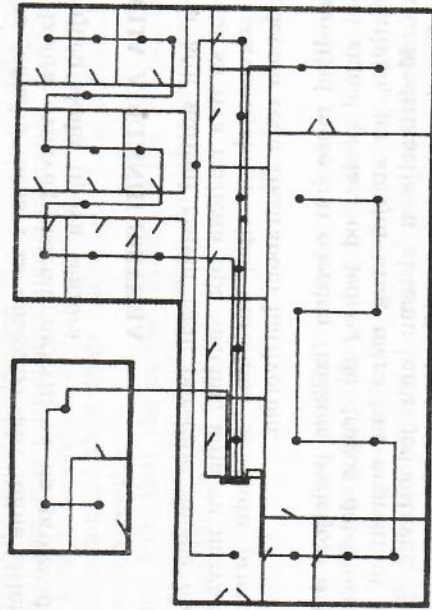


Figure 1. Conventional detection system  
(Slika 1. Konvencionalni detekcioni sistem)

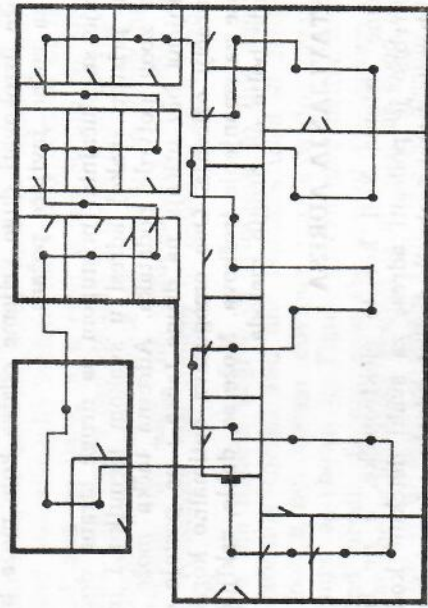


Figure 2. Addressable detection system — single loop  
(Slika 2. Adresibilni detekcioni sistem — jednostruka petlja)

dinoj fizičkoj poziciji. Ako se zamijene dva detektora, zamijene im se i adrese, što može imati katastrofalan rezultat.

Autor rada smatra da je ispravno mjesto adrese u podnožju detektora, jer to garantuje da se pozicija adrese neće promijeniti kad se zamijeni detektor, npr. za vrijeme redovnog održavanja.

## INTEGRITET SISTEMA

Korištenje krugova koji sadrže, npr. stotinu detektora, uvećava teškoće zbog grešaka u strujnom krugu. Može se desiti da prekid linije proizvodi gubitak gotovo svih detektora. Greška je otkrivena, ali sistem je van upotrebe do otklanjanja kvara. Zbog zaštite od ove mogućnosti, većina se sistema može vezati u petlju, tako da, u slučaju prekida linije, ona radi sa obje strane. Dvostruki prekid može naravno još uvijek izbaciti veći dio sistema, ali je njegova vjerovatnoća mnogo manja.

Povezivanje u petlju ne smanjuje opasnost od kratkog spoja, te zbog toga većina proizvođača predviđa jednu vrstu izolacionih jedinica. One reaguju na kraći spoj i automatski izoluju oštećenu dionicu; moraju biti dvo-smjerni i korištene u petlji, da bi obezbijedile kompletnu zaštitu\*. I ponovno, dvostruka greška može onesposobiti veliki dio strujnog kruga.

Neki proizvođači ugrađuju po jedan izolator u svako podnožje. Ovo daje najbolju zaštitu, ali kako standardni poluvodički prekidači imaju značajan otpor, broj detektora u petlji može biti ograničen na pedeset ili manje.

Za obezbjeđenje najvišeg stepena neosjetljivosti na graške na liniji, trase ožičenja moraju biti pažljivo izabrane, a linijski izolatori korišteni u manjim intervalima. Moguće je, iako ne i obavezno, da mreža sa mnogo ogranaka, kakva je prikazana na slici 3, može dati bolju neosjetljivost nego jednostavna petlja. U svakom slučaju, cilj konstruktora mora biti da osigura da adresibilni sistem bude bar toliko dobar kao konvencionalni — ukoliko, ni jedna pojedinačna greška ne smije onesposobiti više od jedne detekcione zone. Jasno je da će, u slučaju dvostruke greške, konvencionalni sistem vjerovatno izgubiti manje nego tipičan adresibilni.

## ZNAČENJE ANALOGNOG PRENOSA

Gornja se diskusija odnosi jednako na jednostavan adresibilan, kao i na analogni adresibilan sistem, od kojih svaki može utvrditi tačan položaj detektora u alarmu. Koje su onda prednosti od slanja analogne informacije centralnoj jedinici? Normalno dat odgovor je da centralizacijom odlučivanja u sistemu postaje moguće dijeliti veću i moćniju upravljačku jedinicu između mnogo detektora i tako obezbijediti bolje korištenje informacija dobivenih od senzora. Obično se smatra da se tako dobije »bolji« sistem, iako je ovo često diskutabilno. Da bismo razumjeli šta se može očekivati od ovog sistema, moramo vidjeti šta predstavlja analogni signal. Detektor više ne donosi odluku i postaje jednostavno pretvarač koji se može definisati prenosnom karakteristikom koja odgovara pojedinom požarnom parametru koji se detektuje.

\* Jednosmjerne (p.p.).



Prenosna karakteristika tipične komore jonizacionog detektora dima prikazana je na slici 4. Ona pokazuje promjenu izlazne struje od stalnog nivoa od 7 mA u čistom vazduhu do 20 mA kod »y-vrijednosti« od 1,3. Strmina i prekid ove karakteristike biće utvrđena od centralne jedinice koja može odrediti gustinu dima iz trenutnog očitavanja struje. Kod jednostavnijih sistema centralna jedinica upoređuje struju sa unaprijed određenim pragom i signalise alarm kad se dostigne ova vrijednost.

Činjenica da je alarmni prag zadat u centralnom uređaju odmah daje prednost. Osjetljivost svakog detektora može se sada podesiti u centralnoj jedinici, što otklanja potrebu za detektorima različite, ili promjenljive osjetljivosti. Postaje takođe moguće automatsko podešenje osjetljivosti detektora za noć i dan, sa ciljem da se postigne optimalno podešenje u svakom trenutku.

Posmatranjem nivoa mirne struje duže vrijeme centralna jedinica je u stanju osjetiti lagane promjene koje su prije rezultat naslaga nego požara. Alarmni prag može tada biti pomjeren, da se kompenzira ovo zaprljanje i odredi konstantna osjetljivost u čitavom radnom vijeku senzora. Mogu se uključiti i druge vremenske zavisnosti, tako da iznos promjene dima ili temperature može dati odziv.

### UTICAJ KONSTRUKCIJE DETEKTORA

Potencijalno povećanje u mogućnosti obrade signala otklonilo je mnogo ograničenja za konstruktore detektora. Nije iznenađenje što je ovo promijenilo pristup konstrukciji detektora. Neki su konstruktori ovo shvatili kao mogućnost povećanja pouzdanosti i stabilnosti sistema bez povećanja njegovih ukupnih troškova. Drugi su jednostavno smanjili troškove (i kvalitete) konstrukcije u nadi da će nedostatke u karakteristikama sistema prouzročiti složenijim softverom. Neki od ovakvih pokušaja diskutovan je u daljnjem tekstu.

### JONIZACIONI DETEKTORI

Jonizacioni detektor je najviše korišteni detektor dima već trideset ili više godina; u ovom periodu princip rada je ostao praktično nepromijenjen. Većina detektora sad koriste dvije komore, jednu koja reaguje na dim i drugu koja služi da kompenzira efekte atmosferskog pritiska, temperature, vlažnosti, itd. Bez te druge, referentne, komore stabilnost detektora za opštu upotrebu nije odgovarajuća.

Smatra se da je referentna komora neophodna jedino zato što detektor radi izolovano od susjednog. Kod analognog adresibilnog sistema ovo više nije slučaj i treba da je moguće korištenje jedne mjerne komore kao referentne za drugu mjernu komoru na drugom mjestu u istoj instalaciji. Proširujući dalje ovu misao, moguće je koristiti prosjek svih mjernih komora u instalaciji za porođenje sa svakom pojedinačnom. Najmanje jedan od proizvođača je koristio ovaj metod za eliminaciju referentne komore.

U principu, na ovo nema primjedbi, ali ovo podrazumijeva da svaki senzor radi u istim uslovima okoline (temperatura, pritisak, itd.), tako da se

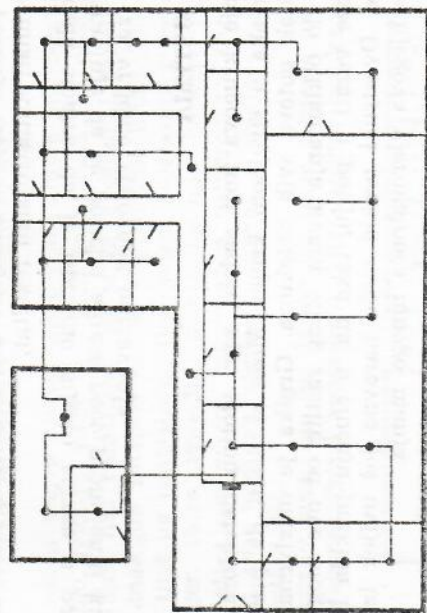


Figure 3. Addressable detection system — loop plus spurs  
(Slika 3. Adresibilni detekcioni sistem — petlja plus ogranci)

fire decision and has become simply a transducer which can be defined by a transfer characteristic relating output to the particular fire parameter being sensed.

The transfer characteristic for a typical ion chamber smoke sensor is shown in Figure 4. This shows output current varying from a quiescent level of 7mA in clean air to 20mA at a »y-value« of 1.3. The slope and intercept of this characteristic will be known to the control unit which can determine the smoke level from the instantaneous current reading. In the simplest system the control unit will compare the current with a predetermined threshold and will signal an alarm when that current is reached.

The fact that the alarm threshold is set in the control unit gives immediate advantages. The sensitivity of any detector can now be set from a central point, which removes the need for detectors of different, or variable, sensitivity. It also becomes possible to change the alarm threshold of a detector automatically between day and night to give optimum setting at all times.

By observing the quiescent level (intercept) over a long period of time, the control unit can sense slow changes which may be caused by drift rather than by a fire. Alarm thresholds can then be moved, to compensate for this drift and maintain the sensitivity constant throughout the working life of the sensor. Other time dependance can be incorporated so that rate of change of smoke or temperature can modify the overall response.

### INFLUENCE ON DETECTOR DESIGN

This potential increase in signal processing capability has removed many of the constraints that normally restrict detector designers. Not surprisingly, this has changed the way in which detector design is being approached. Some designers see it as an opportunity to increase the reliability and stability without increasing the overall system cost. Others simply reduce the cost (and quality) of a design in the hope that any performance deficiency can be overcome by more complex software. Some of the ways in which this is being done are discussed below.



## ION CHAMBER DETECTORS

The ion chamber detector is the most widely used smoke detector and has been so for thirty years or more; in that time the operating principle has remained virtually unchanged. Most detectors now use two chambers, one of which responds to smoke and one which is used to compensate for the effects of atmospheric pressure, temperature, humidity and so on. Without this second, reference, chamber the detector stability is not adequate for general use.

It has been suggested that the reference chamber is only needed because each detector works in isolation from its neighbours. In an analogue addressable system this is no longer the case and it should be possible to use one measuring chamber as the reference for another measuring chamber in a different location in the same installation. Extending this idea further, it is possible to use an average of all the measuring chambers in the installation and to compare individual chambers with that average. At least one manufacturer has used this method to eliminate the reference chamber.

In principle there is no objection to this, but it does assume that every sensor experiences the same environment (temperature, pressure and so on) so that the same reference can be used for each. In practice this may not be that case — temperature differences and even pressure differences can occur through an installation which may demand different corrections for different sensor locations. This can result in less predictable performance than in a more conventional system.

In the first analogue addressable systems, one of the major selling features was that the number of false alarms caused by dirty ion chamber detectors could be dramatically reduced. The argument was that as ion chamber detectors became dirty, they moved towards an alarm condition and this movement could be sensed by the control equipment and signalled as a »detector dirty« warning. This idea of sensing that a detector has become dirty and thus more sensitive is still seen as one of the main benefits of analogue addressable systems.

Any system that is successful in reducing the number of false alarms must be welcomed, but we should look further at the concepts involved. For example, when a »detector dirty« signal is given, the system user must replace the detector in question or call a service engineer to replace it. Either action is inconvenient and costs money. In a large system with hundreds of detectors it is possible that such an event would happen every day since the detectors would all become dirty at slightly different rates. Would the user still be happy with the system if it demanded maintenance every day?

This ridiculous situation can of course be avoided if the service engineer, when called to the first dirty detector, can simply monitor the condition of the others in the system and replace all those that are dirty. This technique, which we call »detector condition monitoring«, then becomes a real benefit to the user. However, it is dangerous to design a system on the assumption that all detectors move towards alarm when they become dirty. In this author's experience it is equally possible that ion chamber detectors become less sensitive when dirty so it is essential for the system to monitor not just movements towards alarm but also away from alarm. Referring back to the transfer characteristic in Figure 4 it is important that the intercept allows the monitoring of chamber voltages away from alarm.

lata referenca može koristiti za svaki. U praksi ovo može da ne bude slučaj — temperaturne, pa čak i razlike pritiska, mogu se pojaviti u jednoj instalaciji i zahtijevati različitu korekciju za različite lokacije senzora. Ovo može rezultirati teže predvidivim performansama nego kod konvencionalnijeg sistema.

Kod prvih analognog adresibilnih sistema, jedna od glavnih osobina koja ih je plasirala na tržište bila je značajno smanjenje broja lažnih alarma uzrokovanih zaprljanjem detektora. Trudilo se da će zaprljanjem jonizacionog detektora, kada dolazi od njihova pomaka ka alarmnom stanju, ovo biti otkriveno preko centralnog uređaja i signalizirano kao upozorenje »detektor zaprljan«. Ideja o signalizaciji zaprljanja detektora i time povećanja osjetljivosti izgleda kao osnovna prednost analognog adresibilnih sistema.

Svaki sistem koji uspije da smanji broj lažnih alarma dobro je dobio, ali ovaj koncept treba dalje proučiti. Na primjer, kad je dat signal »detektor zaprljan«, korisnik mora sam zamijeniti detektor ili pozvati servisnog inženjera. Obje ove akcije nisu jednostavne i iziskuju troškove. U velikim sistemima sa stotinama detektora moguće je da se ovo dešava svakodnevno, dok svi detektori ne postanu zaprljani u nešto različitim periodima. Hoće li korisnik biti zadovoljan sa sistemom koji zahtijeva svakodnevno održavanje?

Ta se apsurdna situacija može naravno izbjeći, ako servisni inženjer, kod prvog poziva, može jednostavno nadgledati stanje svih detektora i zamijeniti sve koji su zaprljani. Ova tehnika, koju nazivamo »nadzor stanja detektora«, daje korisniku stvarnu dobit. Ipak, opasno je projektovati sistem uz pretpostavku da svi detektori idu ka stanju alarma kod zaprljanja. Prema autorovom iskustvu jednako je moguće da jonizacioni detektor bude manje osjetljiv kad je zaprljan, tako da je važno da sistem nadgleda ne samo pomak ka alarmu nego i od alarma.

Može se tvrditi da uvođenjem nadzora stanja detektora postaje manje kritična sama konstrukcija detektora. Ovo može biti na neki način tačno, ali je očigledno da detektor, osjetljiv na efekte zaprljanja, zahtijeva čišće održavanje od onog koji je konstruisan kao neosjetljiv na zaprljanje. Za ostvarenje ove neosjetljivosti mnogi proizvođači koriste konstrukciju sa dvije komore, ali sa jednim zajedničkim izvorom. Ravnoteža između komora ne zavisi više od odnosa snage izvora, već je jednostavno određena geometrijom komora.

Kompenzacija atmosferskog uticaja ista je kao i kod konstrukcije sa dva izvora, ali su efekti zaprljanja mnogo manji. Sloj prijavštine u mjernoj komori konstrukcije sa dva izvora smanje efektivnu jačinu izvora i tako izvodi komore iz ravnoteže. Kod ove nove izvedbe jačina izvora je smanjena, ali to na isti način utiče na obje komore i osjetljivost detektora se praktično ne mijenja. Kao rezultat, sa ili bez nadzora stanja detektora, vrijeme između pregleda detektora je povećano.

Zaključak je da je loša konstrukcija sa nadzorom stanja detektora možda sama jednako pouzdana kao i kvalitetnija konstrukcija bez ovog nadzora.



It may be argued that with the introduction of detector condition monitoring, the design of the detector itself becomes less critical. This may be true in some ways but it is obvious that a detector which is very susceptible to the effects of dirt will demand maintenance much more often than one which has been designed to be tolerant of dirt. To achieve this tolerance many manufacturers are now using the type of design which has two chambers, like the more traditional design, but uses one source to serve both. The balance between the chambers no longer depends on the matching of two sources but is determined simply by the chamber geometry.

Compensation for atmospheric changes is the same as that of the two-source design but the effects of dirt can be much less. A layer of dirt in the measuring chamber of the two-source design will reduce the effective source strength and hence unbalance the chambers. In the new design the source strength is still reduced but both chambers are affected in the same way, and the detector sensitivity is virtually unchanged. The result is that, with or without detector condition monitoring, the service life of the detector will be increased.

The message from this example is that a poor detector design provided with detector condition monitoring may only be as reliable as a more stable design with no monitoring.

### OPTICAL SMOKE DETECTORS

Further examples can be found in the optical scatter type of smoke detector. These detectors project a beam of »light« (usually near infrared) into a measuring chamber which also houses a photo-sensor. The sensor is prevented from receiving any light in clean air by an arrangement of baffles. The presence of smoke in the chamber causes light to be scattered in all directions and some of this scattered light will reach the sensor. The sensor output is usually proportional to smoke density.

In an ideal detector the clean air signal will be zero but in a real unit there will be some light reflected or scattered from the walls of the chamber. If the inside of the chamber becomes contaminated with light coloured dust this clean air signal can be increased by an order of magnitude or more. A conventional detector cannot easily distinguish between a dirty chamber and a smoke filled atmosphere. Such a detector therefore becomes more sensitive and eventually false alarms.

Detector condition monitoring and threshold compensation can be used here to great advantage. The changes caused by dust are much slower than a typical fire build up and it is a simple matter to shift the detector threshold to compensate for the changing clean air level. When the limit of available compensation is reached, a »detector dirty« can be given and the detector can be serviced. But of course the time between »dirty detector« calls depends on the sensitivity of the detector to dust. Detector condition monitoring cannot change this sensitivity — it can only highlight it.

In order to change it a new design of chamber is needed. Such a new design is shown in Fig 5. Instead of the complex, matt-black labyrinth arrangements normally seen in optical scatter detectors, this design uses two shiny conical surfaces to define the chamber. This results in a typical clean air level equivalent to a smoke density of less than 0.005 dB/m which is one thirtieth of the alarm threshold. Such a large margin makes this design

### OPTIČKI DETEKTORI DIMA

Sljedeći se primjer može naći kod optičkog detektora dima sa raspršenjem svjetlosti. Ovi detektori šalju zrak »svjetlosti« (obično približno infracrvene) u mjernu komoru koja sadrži foto-senzor. Senzor ne može primiti svjetlost kod čistog vazduha zbog razmjешtaja ogledala. Prisustvo dima u komori uslovljava raspršenje svjetlosti u svim pravcima, te jedan dio raspršene svjetlosti dopiјеva do senzora. Izlaz iz senzora obično je proporcionalan gustini dima.

Kod idealnog detektora signal čistog zraka bio bi nula, ali kod realnog postoji nešto svjetlosti raspršene o zidove komore. Ako se unutrašnjost komore zagadi svjetlo obojenom prašinom, signal čistog zraka može se uvećati za red veličine ili više. Konvencionalni detektor ne može lako razlučiti signal zaprljanja komore od zadimljenog vazduha. Takav detektor postaje osjetljiviji i eventualno daje lažni alarm.

Nadzor stanja detektora i kompenzacija praga alarma ovdje može predstavljati veliku prednost. Promjene radi zaprljanja su mnogo sporije nego kod tipičnog razvoja požara, te je jednostavno pomjeranje praga detekcije dovoljno za kompenzaciju nivoa čistog vazduha. Kad se dostigne granica moguće kompenzacije, može se dati signal »detektor zaprljan« i on se može servisirati. Ali, naravno, vrijeme između signala »detektor zaprljan« zavisi od osjetljivosti detektora na prašinu. Nadzor stanja detektora ne može promijeniti ovu osjetljivost — može je samo učiniti uočljivom.

Da bi se ovo promijenilo, potrebne su nove konstrukcije. Takva konstrukcija prikazana je na slici 5. Umjesto složene mat-crne labirintne konstrukcije koja se normalno sreće kod optičkog detektora sa rasipanjem svjetlosti, ova konstrukcija koristi dvije sjajne konične površine u komori. Ovo rezultira tipičnim nivoom čistog zraka ekvivalentnom gustini dima manjoj od 0,005 dB/m što je tridesetina alarmnog praga. Tako veliki raspon čini da je ova konstrukcija daleko neosjetljivija na svijetlo obojenu prašinu od drugih tipova kod kojih nivo čistog zraka može biti čak polovinu alarmnog praga.

Ova neosjetljivost je dalje povećana aerodinamičnom konstrukcijom ćelije. Ovim se obezbijedi da se veći dio prašine iz zraka nataloži na površinama koje nisu kritične za optičke karakteristike.

Rezultat je vrlo stabilan detektor koji obezbjeđuje dug servisni život čak i bez kompenzacije alarmnog praga i koji će obezbijediti duže intervale između signala »detektor zaprljan«.

Konstrukcija komore ne može riješiti jedan drugi problem sa optičkim detektorima dima sa raspršenom svjetlošću, a to je nadzor rada svjetlosnog izvora i senzora. Činjenica da je signal čistog zraka gotovo nula znači da ni kod analognog adresibilnog sistema nema efikasnog nadzornog signala. Ovo različiti proizvođači prevazilaze na različite načine. Jedan od metoda je da se u komoru ugradi dodatni svjetlosni izvor koji se uključuje zbog provjere preko centralnog uređaja. Ovaj je način vrlo efikasan za provjeru senzora i prenosnog sistema, ali ne vrši provjeru primarnog svjetlosnog izvora. Može se čak uključiti i drugi senzor za ovu namjenu ali cijena detektora postaje još veća.



far more tolerant of light coloured dust than other types in which the clean air level may be as high as half the alarm threshold.

The tolerance is improved even further by the aerodynamic design of the chamber. This forces most of the airborne dust to settle on surfaces which are not critical to the optical performance.

The net result is a very stable detector which can give long service life even without threshold compensation and which will give longer intervals between »detector dirty« calls.

The chamber design cannot solve another of the problems with optical scatter detectors which is that of monitoring the operation of the light source and sensor. The fact that the clean air signal is almost zero means that even in an analogue addressable system there is no effective monitoring signal. This is overcome by different manufactures in different ways.

One method is to incorporate an additional light source in the chamber which can be activated by the control equipment to perform a test. This is very effective in proving the sensor and the communication system but does not test the primary light source. A second sensor can be included for this purpose but the cost of the detector then becomes even higher.

An alternative approach which monitors both the source and the sensor is to »bleed« a fraction of the output of the source directly to the sensor as seen in Figure 5. This gives an intercept on the transfer characteristic which depends on the emitter output and the sensor sensitivity, reducing the possibility of unrevealed failures to a negligible level.

## HEAT DETECTORS

The introduction of analogue addressable systems has also had an effect on the design of heat detectors. Most high performance conventional heat detectors are now of the »rate-of-rise« type in order to provide a rapid response even from low ambient temperatures. This is particularly true of detectors designed to meet the stringent requirements of the Grade 1 classification of EN 54 Part 5. The thermal design of these detectors can be difficult and it is tempting to think that the performance may be better defined by software than by the delicate thermal balance of two thermistors.

The desire to define the performance in software is increased by the fact that a number of different response characteristics are needed to cater for different environments. The author's company, for example, offers five different types of conventional heat detector, each having different thermal response. There are obvious advantages in being able to use just one analogue addressable type and to select the response using software in the controller.

Following this line of thought most companies now produce a straightforward temperature sensor for their analogue addressable systems. The output is a simple function of temperature and the control unit is normally set to give an alarm at a pre-determined level. Monitoring of the sensor is very good but the detection capability will not be as good as that achieved by a conventional rate-of-rise detector. It becomes very difficult, though not impossible, to design such a detector to give a Grade 1 response because of the thermal mass of the sensor used. More importantly, a »static« response can never match the rate-of-rise type from low ambient temperatures. So how can the performance be improved?

Jedan drugačiji pristup kojim se testira i senzor i izvor je da se dozvoli da dio svjetlosti sa izvora dopijeva direktno na senzor, kako je prikazano na slici 5. Ovim se dobiva jedan prekid u prenosnoj karakteristici koji zavisi od izlaza emitera i osjetljivosti senzora, smanjujući mogućnost neotkrivenih grešaka na beznačajan iznos.

## DETEKTORI TOPLINE

Uvođenje analogno adresibilnih sistema imalo je uticaja i na konstrukciju detektora topline. Najkvalitetniji konvencionalni detektor topline je sada »termodiferencijalni« koji je predviđen da će brzo odziv i kod niskih temperatura okoline. Ovo je djelimično istina za detektore koji su konstruisani prema strogim zahtjevima za stepen I prema EN 54 — Dio 5. Termička konstrukcija ovih detektora može biti teška i ovo dovodi u iskušenje da se pomisli da će se ove osobine lakše ostvariti softverom, nego delikatnom termičkom ravnotežom dva termistora.

Namjera definisanja osobina softverom uvećana je činjenicom da su potrebne brojne različite karakteristike za različite okoline. Autorova kompanija, na primjer, nudi pet različitih tipova konvencionalnih detektora topline, od kojih svaki ima različit odziv. Očigledna je prednost koristiti jedan analogno adresibilni tip i odabrati odziv koristeći softver centralnog uređaja.

Prema ovoj zamisli, većina kompanija proizvode sad jednostavan termiperaturni senzor za svoje analogno adresibilne sisteme. Izlaz je jednostavna funkcija temperature i centralna jedinica je podešena da daje alarm na unaprijed određenom nivou. Nadzor detektora je vrlo dobar, ali njegove mogućnosti nisu tako dobre kao kod konvencionalnog termodiferencijalnog detektora. Postaje teško, ako ne i nemoguće, konstruisati detektor koji daje odziv Stepena I zbog termičke mase korištenih senzora. Važnije je: »statički« odziv nikad ne može biti ravan termodiferencijalnom tipu za niske temperature okoline. Kako onda poboljšati karakteristike?

Poboljšanje može biti učinjeno u softveru, korištenjem algoritma, koji uzima u obzir promjene temperature, kao i apsolutnu temperaturu. Na žalost, ovo može rezultirati znatnim proračunima i nadmašiti kapacitet memorije, i upravljanje velikim brojem detektora topline može nadmašiti kapacitet jednostavnog mikroprocesora.

Autor smatra da se ovaj problem, kao i mnogi drugi, bolje rješava konstrukcijom detektora. Ovo se može učiniti konstrukcijom analogno adresibilnog detektora sa dva termistora za postizanje stepena osjetljivosti. Termičke i električne karakteristike su tako odabrane da bilo koji od četiri stepena odziva iz EN 54 mogu biti odabrani jednostavnim podešenjem praga u centralnoj jedinici. Nisu potrebni složeni algoritmi, što ostavlja mogućnost mikroprocesoru za druge nadzorne i upravljačke funkcije.

Obavezna kontrola termistora suštinska je za ovu konstrukciju i postiže se korištenjem novog tipa hibridnog kruga koji integriše tankoslojne termistore i fiksne otpornike. Tačno upoređenje i podešenje, uz razumne troškove, omogućeno je korištenjem ove tehnike.