

Aplikácia riadkových termokamier v priemyselnom protipožiarnej systéme High-Tech

Úvod

Pokračujúci pokrok v oblasti optoelektroniky vytvára predpoklady na výrazný evolučný prístup k riešeniu niektorých známych úloh v priemyselnej výrobe. Jedným príkladom, kde sa použil práve takýto prístup, je priemyselný protipožiarnej systém pre baliacu linku kancelárskeho papiera v papieri Neusiedler-SCP, a. s., v Ružomberku. Protipožiarnej systém bol riešený nekonvenčným spôsobom. Bol navrhnutý skenovací systém s využitím viacerých rádiometrických infračervených riadkových kamier, kde skenovanie detekčného riadka prebieha pohybom objektu. Systém meria bezkontaktným spôsobom teplotnú mapu každej palety, ktorá na výrobnnej linke vychádza z tunelovej pece. Dokáže identifikovať aj veľmi malé horúce miesta na povrchu palety a poskytnúť spoľahlivú informáciu, či paletu možno zaviesť do veľkokapacitného skladu.

1. Formulácia požiadaviek na protipožiarnej systém

Výrobca papiera Neusiedler-SCP v Ružomberku potreboval vybudovaním nového automatizovaného veľkokapacitného skladu palet s kancelárskym papierom zásadným spôsobom zvýšiť jeho protipožiarnej bezpečnosť.

Riziko požiaru v takomto sklade je pomerne vysoké. Palety s kancelárskym papierom treba dobre chrániť proti vlhkosti. Ako ochrana proti vlhkosti sa používa osvedčený spôsob ovinutia celej palety zmršťovacou plastovou fóliou a následná expozícia celej palety za zvýšenej teploty v plynovej alebo elektrickej tunelovej peci počas niekoľkých desiatok sekúnd.

Pri oviíjaní plastovou fóliou a následnom prechode cez tunelovú pec sa nedá úplne vylúčiť nahrnutie/nalepenie väčšieho množstva plastovej fólie na paletu. Najnebezpečnejší je prípad, keď ide o odpadnuté zvyšky fólie z predchádzajúcej palety, ktoré boli exponované v tunelovej peci dvakrát alebo aj viac, ako je nominálna expozícia, a až potom sa nalepili na paletu. Tepelná energia nakuumulovaná v takomto objekte je už značná a vytvára veľmi veľké riziko následného požiaru. Veľmi nebezpečná je časová latencia, ktorej dôsledkom je nemožnosť lokalizovať nebezpečenstvo obvyklými prostriedkami ešte pred zavezením palety do veľkokapacitného skladu. Dôsledky prípadného požiaru vo veľkokapacitnom sklade papiera sú pritom mimoriadne závažné.

2. Obmedzenia klasických riešení

Pri protipožiarnej zabezpečení baliacej linky palet s papierom možno uvažovať aj o klasických prostriedkoch. Niektoré z nich sa aj v Neusiedler-SCP v minulosti použili (na iných miestach). Všetky klasické riešenia mali zásadný nedostatok v neprijateľne nízkej miere pravdepodobnosti detekcie požiarnej ložiska. Na ilustráciu uvedieme niektoré riešenia.

- **Pyroelektrické požiarnej detektory.** Tento typ radiačného IČ detektora má jeden detektor a meria strednú hodnotu teploty objektu v zornom poli. Typické lokálne tepelné prehriatie je malé a tvorí zlomky plochy celého zorného poľa. Aj keď má prehriatie nadhraničnú hodnotu, vo výslednom integrálnom sig-

nále sa prehriatie miesta prejaví zvýšením teploty, ktoré je hlboko pod rozlišovacou schopnosťou detektora. Tento typ detektora má navyše veľkú časovú konštantu merania, čo vylučuje meranie palet pohybujúcich sa na valcovom dopravníku.

- **Dymové protipožiarnej detektory.** Majú veľké oneskorenie. Detegujú už rozvinutý požiar, ktorý produkuje dymové splodiny.
- **Vizuálne kamerové systémy.** Dokážu detegovať len rozvinutejší požiar charakterizovaný plameňom a dymom. V jednoduchšej podobe vyžadujú trvalú pozornosť obsluhy linky, čo ťažko zaistiť (obsluha musí riešiť aj iné úlohy).
- **Infračervené rádiometrické plošné kamery.** Toto riešenie spĺňa všetky hlavné požiadavky. Istým obmedzením je, že pri meraní musí byť z miesta umiestnenia kamier vidieť celý kontrolovaný povrch, čo pri dodatočnej inštalácii protipožiarnej systému nie je obvykle splniteľné bez prestavby linky. Toto riešenie je však aj finančne veľmi náročné.

3. Protipožiarnej systém s riadkovými termokamerami

Moderná nechladená riadková termokamera je veľmi vhodný detekčný prvok pre priemyselný protipožiarnej systém s vysokou priestorovou rozlišovacou schopnosťou. Je určená len pre pohyblivé objekty, čo nie je v skutočnosti obmedzením, pretože v priemysle je bežná kontrola predmetov, ktoré sa pohybujú na dopravníku. Riadková termokamera je veľmi výhodná aj z ekonomického hľadiska. V porovnaní s plošnou termokamerou je jej cena až 3 x nižšia.

Použitie riadkovej termokamery v priemyselnom prostredí, jej zavedenie do výrobnnej linky, ktorá pracuje kontinuálne 24 hodín denne, kladie zvýšené požiadavky na konštrukciu a vlastnosti kamery. Základné požiadavky možno zhrnúť do týchto bodov:

- Použitie nechladeného IČ detektora riadkového typu s vysokou stabilitou parametrov s periódou recalibrácie dlhšej ako 1 rok. Veľkú prednosť majú kamery s monolitickým riadkovým detektorom (lineárna matica cca 128 – 256 elementárnych detektorov). Ich spoľahlivosť a rýchlosť je oproti mechanicke skenovaným systémom s jedným detektorom výrazne vyššia.
- Fyzikálny princíp IČ detektora nie je kritický. Prakticky sa v súčasnosti používajú tieto fyzikálne princípy nechladených detektorov:
 - termoelektrický,
 - pyroelektrický,
 - mikrobolometrický.
- Konštrukcia a krytie zodpovedajúce priemyselnejmu prostrediu:
 - krytie minimálne IP 54,
 - systém čistenia objektívu tlakovým vzduchom,
 - dostatočne vysoká horná pracovná teplota (napr. integrované vodné chladenie pre horúce prostredie).
- Z elektrických parametrov majú rozhodujúci význam pre priemyselné nasadenie:
 - počet elementárnych detektorov v detekčnom riadku (rozhoduje o geometrickej rozlišovacej schopnosti v smere kolmom na smer pohybu objektu),

- maximálna riadková frekvencia (rozhoduje pre danú rýchlosť objektu o geometrickej rozlišovacej schopnosti v smere pohybu objektu),
- minimálne teplotné rozlíšenie (vyjadruje sa parametrom NETD = teplotný rozdiel ekvivalentný efektívnej hodnote šumu),
- rozsah meraných teplôt,
- absolútna presnosť merania teploty (rádiometrická kalibrácia),
- zabudovaná „inteligencia“, čím sa myslí schopnosť autonómnej práce, pričom program pracovnej úlohy do kamery jednoducho vloží až používateľ,
- robustné komunikačné rozhranie na spoluprácu v nadradenými systémami.

4. Opis riešenia realizovaného protipožiarneho systému

Protipožiarne systém s riadkovými termokamerami sa v Neusiedler-SCP realizoval na dvoch paralelných dopravníkoch, ktoré sú umiestnené medzi tunelovou zmršťovacou pecou a automatizovaným valcovým dopravníkom do veľkokapacitného skladu. Okrem protipožiarnej kontroly sa v tomto úseku vykonáva aj etiketovanie paliet. Realizácia systému sa vykonávala ako súčasť rozsiahlej prestavby skladu, čo umožnilo systém priestorovo usporiadať blízko optimálneho riešenia.

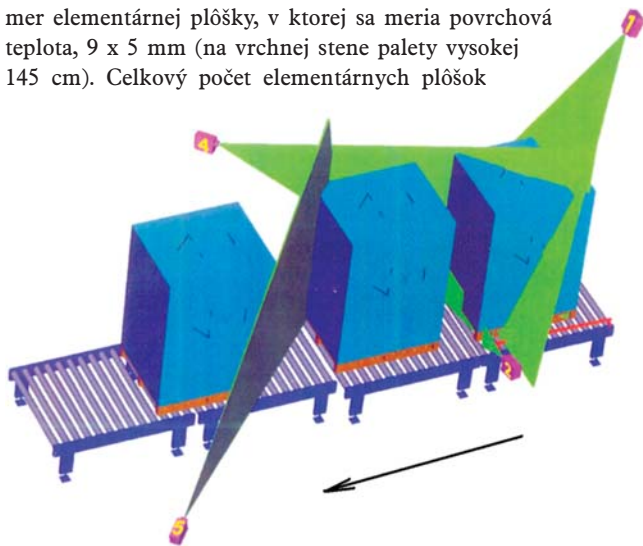
Spôsob skenovania teploty povrchu palety

Na získanie termogramu celého povrchu kontrolovanej palety používa každý systém 5 riadkových kamier so zorným polom 40° (celkom 10 kamier). Geometricky je paleta kváder, ktorý má celkom 6 stien. S týchto 6 stien sú však so smerom pohybu rovnobežné len 4 steny. Rovnobežnosť steny so smerom pohybu je podmienkou priameho skenovania povrchu pomocou riadkovej kamery. Na skenovanie stien kolmých na smer pohybu (predná a zadná stena palety) sa zvolila technika odklonenia optickej osi riadkovej kamery od normály na skenovaný povrch. Schematicky zobrazuje spôsob skenovania palety (obr. 1.)

Kamera č. 1 je zošikmená v smere pohybu a skenuje hornú a súčasne zadnú stenu. Kamery č. 4 a 5 sú umiestnené po ľavej a pravej strane a majú zošikmenú optickú os proti smeru pohybu. Tieto kamery skenujú vždy prednú stenu a podľa umiestnenia ľavú alebo pravú bočnú stenu.

Kamery č. 2 a 3 skenujú spodný priestor, kde treba kontrolovať aj vlastnú drevenú konštrukciu palety. Drevená paleta je z hľadiska možnosti vzniku požiaru najkritičnejšia časť celej palety. To je aj dôvod kontroly z oboch strán.

Pre rýchlosť pohybu dopravníka 20 m/min je typický rozmer elementárnej plošky, v ktorej sa meria povrchová teplota, 9 x 5 mm (na vrchnej stene palety vysokej 145 cm). Celkový počet elementárnych plôšok



Obr.1 Spôsob skenovania paliet

(pixelov), v ktorých systém vykonáva meranie, je 245 000. Celkový počet pixelov, ktorý sa nachádza na povrchu palety (80 x 120 x 145 cm) a v ktorých sa vykonáva meranie, je približne 96 000. Niektoré pixely sú mimo povrchu palety a iné sú skenované duplicítne viacerými kamerami. Uvedených 96 000 meraní sa vykoná počas skenovania jednej palety 5 riadkovými kamerami počas 6 sekúnd.

V priestore okolo linky sa môžu pohybovať za istých okolností aj zdroje tepelného žiarenia s pomerne vysokou teplotou, napr. výfuky vysokozdvížných manipulátorov. Preto sa do zorných polí termokamier, tam kde to bolo možné, umiestnili stĺpové tieniace clony. Umiestnili sa hneď za sledovanou oblasťou, čím sa minimalizoval ich rozmer.

Opísaný spôsob skenovania predstavuje kompromis medzi počtom kamier a kvalitou termogramu palety. Vplyv zošikmenia, keď dochádza k zväčšeniu rozmeru elementárnej plochy v termograme v smere pohybu s koeficientom $1/\cos\beta$ (β = uhol zošikmenia), sa ukázal ako nepodstatný.

Celkom sa v protipožiarne systéme použilo 10 riadkových kamier. Použili sa nechladené riadkové termokamery PYROLINE so 128 elementárnymi detektormi. Verzia s 256 detektormi poskytovala už vysokú rozlišovaciu schopnosť, ktorá nebola primeraná aplikácii a zvyšovala cenu systému. Kamery radu PYROLINE používajú nechladený monolitický pyroelektrický detektor na báze LiTa s hybridne montovaným CMOS ASIC odčítavacím obvodom. Maximálna riadková frekvencia je až 528 Hz. V systéme sa však použila riadková frekvencia 64 Hz, čo je primerané rýchlosti pohybu. Zníženie riadkovej frekvencie sa využilo na temporálnu filtráciu šumu (priemerovaním).

Teplotné rozlíšenie NEDT je pre 64 Hz 0,7 K (k dispozícii je aj verzia s NEDT = 0,2 K/32 Hz). Absolútna presnosť je ± 2 K alebo 1 K ± 1 % z meranej hodnoty.

Kamery radu PYROLINE sú schopné pracovať autonómne, obsahujú 16-bitový signálový procesor, ktorý je zákaznícky programovateľný. V aplikácii pre protipožiarne systém sa použil štandardný program prahovania. O prekročení zvolenej prahovej teploty v ľubovoľnom bode riadku kamera informuje okolie cez opticky izolovaný digitálny 1-bitový výstup. Kamera PYROLINE má zabudovaný systém kontroly správnej funkcie. Pri poškodení informuje cez druhý opticky izolovaný digitálny 1-bitový výstup.

Kamera PYROLINE vyhovela aj z hľadiska vyhotovenia. Má krytie IP54 s integrovaným čistením objektívu tlakovým vzduchom. Nepoužil sa variant s vodným chladením ($T_a \text{ max} = 150^\circ\text{C}$).

Synchronizácia termogramu s pohybom palety

Protipožiarne systém pracuje na styku riadiaceho PLC tunelovej pece a riadiaceho PLC veľkokapacitného skladu. Používateľ vyžadoval jednoznačnú identifikáciu palety skenovanej protipožiarne systémom a jednoznačnú činnosť v prípade detekcie nadhraničných horúcich oblastí. Na splnenie týchto požiadaviek bolo treba zaradiť medzi termokamery a riadiaci systém dopravníka veľkokapacitného skladu samostatný PLC. Každý čiastkový systém má samostatné PLC, ktoré zabezpečuje spracovanie 10 logických signálov z 5 riadkových termokamier.

Prvý signál informuje kontinuálne o výsledku diagnostického testu príslušnej termokamery. Druhý signál je aktívny, ak sa aspoň v jednom bode riadka (elementárnom detektore) zistí teplota vyššia, ako je prahová teplota. PLC termokamier generuje z uvedených signálov nové riadiace a komunikačné signály pre riadiaci systém veľkokapacitného skladu, ktoré zaistia prevzatie informácií z protipožiarneho systému. Využíva pritom aj signály pôvodne existujúcich optozávor, z ktorých sa vytvára trigovací signál, ktorý definuje čas skenovania konkrétnej palety.

V prípade detekcie nadhraničnej teploty nastane nasmerovanie zodpovedajúcej palety na špeciálny pozorovací úsek dopravníka a odoslanie telegramu, ktorý obsahuje identifikáciu palety a príznak prehriatia. Pri poruche niektorej z kamier sa odosiela telegram o poruche a linka sa zablokuje. V tomto prípade presmeruje riadiaci systém všetky palety na fungujúci čiastkový protipožiarne systém, čo však zníži celkovú priepustnosť linky. Na rýchlu identifikáciu chybných kamier slúži 2 x 5 kontroliek priamo na skrini PLC termokamier.

Celý systém pracuje teda tak, že zabráňuje zavezeniu palety s nadhraničnou teplotou alebo kompletne nezoskenovanej palety do veľkokapacitného skladu.

Opísaný protipožiarne systém je úspešne v činnosti od mája 2003 v Neusiedler-SCP v Ružomberku.

Na obr. 2, 3 a 4 je zobrazená inštalácia dvoch systémov v Neusiedler-SCP. Na obr. 5 je pre ilustráciu uvedená čiastková teplotná mapa palety tak, ako ju naskenovala kamera č. 1; ide o hornú a zadnú časť palety.

Záver

Uvedená aplikácia riadkových termokamier je veľmi užitočným príkladom priamej integrácie moderných nechladených riadko-



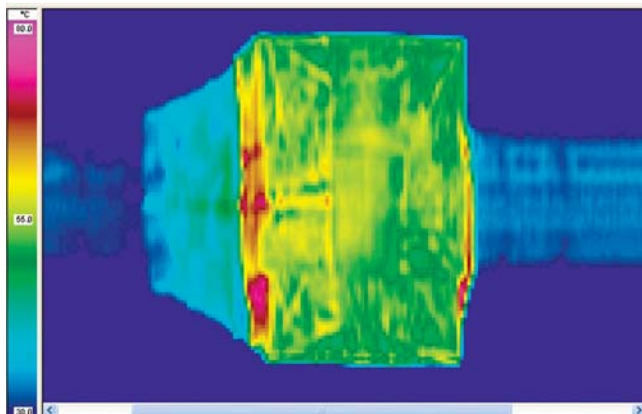
Obr.2 Termokamera č. 1



Obr.3 Termokamery č. 1 (horná), 2 a 3 (tesne nad dopravníkom)



Obr.4 Termokamery č. 4 a 9 a skrini PLC protipožiarneho systému



Obr.5 Termogram palety naskenovaný kamerou č. 1

vých termokamier s vlastnou inteligenciou do výrobných liniek s 24-hodinovou prevádzkou. Úloha, ktorú plní systém, nie je pritom priamo spojená s výrobnou činnosťou, ale ide o veľmi dôležitú bezpečnostnú funkciu. Opísaný systém zabezpečuje veľmi dokonalú protipožiarne kontrolu. Systém vykoná pri každej palety, ktorá vychádza z pece, v priebehu 6 sekúnd približne 96 000 bezkontaktných meraní teploty, pričom rozmer oblasti, v ktorej sa meria, je približne 5 x 9 mm. Pri takomto spôsobe kontroly je veľmi vysoká pravdepodobnosť, že sa deteguje každé, aj veľmi malé potenciálne ložisko požiaru. Preto je jeho použitie aj napriek cene z preventívneho hľadiska vysokoefektívne.

Systém s nechladenými riadkovými termokamerami môže byť inšpiráciou aj pre rad iných aplikácií, kde je teplota objektu dôležitá z technologického hľadiska, resp. nesie inú dôležitú informáciu. Veľmi ceneným sekundárnym efektom použitia termokamier môže byť optimalizácia tepelných režimov. Aj pri úspore len niekoľkých percent vstupnej energie môžu byť pri súčasných cenách energií finančné efekty veľmi zaujímavé a návratnosť investície do systému s termokamerami sa môže výrazne skrátiť.

Ing. Pavol Ščepko

T&N System, s. r. o.
Severná 5, 974 01 Banská Bystrica
Tel./Fax: 048/412 32 37
e-mail: scepko@mail.eurotel.sk

31