

ПРИМЕНА ТЕРМОВИЗИЈСКИХ КАМЕРА ЗА ПРАЋЕЊЕ ЛОКАЛНИХ ПРЕГРЕВАЊА

Драгана Годоровић¹, Саша Спаић²

Резиме: Термовизијска камера приказује зрачење које није видљиво оком. Камера детектује инфрацрвено зрачење, у виду слике која приказује расподелу температуре објекта у који је усмерена. У већини случајева су прегревање и високе температуре знак да је нека опрема, инсталација, или објекат угрожен. Инфрацрвена камера је постала незаменљив алат за проналажење кварова и одржавање у многим областима. Термовизијске камере детектују топлоту која зрачи из објекта. Пошто је нормална температура људског тела 36-37 °C, камере могу да региструју присуство људи и зато имају важну улогу у области заштите од пожара.

Кључне речи: термовизија, термовизијска камера, термограм, инфрацрвено зрачење, пожар

APPLICATION OF THERMOVISION CAMERAS FOR MONITORING LOCAL OVERHEATING

Abstract: The thermal imaging camera shows radiation that is not visible to the eye. The camera detects infrared radiation, in the form of an image showing the temperature distribution of the object to which it is directed. In most cases, overheating and high temperatures are a sign that some equipment, installation, or facility is endangered. The infrared camera has become an indispensable tool for troubleshooting and maintenance in many areas. Thermal imaging cameras detect the heat radiating from the object. Since the normal temperature of the human body is 36-37 °C, cameras can register the presence of people and, therefore, have an important role in the field of fire protection.

Key words: thermal imaging, thermal imaging camera, thermogram, infrared radiation, fire

1. УВОД

1.1. Термовизија

Термовизија или термограм је систем снимања топлоте објеката. Термовизија се врши инфрацрвеном или термовизијском (термографском) камером, а сензор у камери мери количину енергије која се рефлектује на његову површину и која одговара интензитету зрачења дефинисаног дела инфрацрвеног спектра [1].

Термовизијско снимање представља безконтактни метод којим се у делићу секунде региструје емитовање топлоте, односно инфрацрвено зрачење. Сва тела са температуром већом од апсолутне нуле емитују инфрацрвено зрачење (чак и лед). Количина зрачења се повећава са температуром, према томе термографија омогућава да видимо промене температуре. Посматрани топлији предмети се термовизијском камером добро истичу у односу на хладније (људи и топлокрвне животиње постају лакше приметни у односу на околину) [2].

¹ Мср, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: marceta.d@vtsns.edu.rs

² Др, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: spaic@vtsns.edu.rs

Применом термовизијског посматрања, праћење емитовања инфрацрвеног зрачења нашло је широку примену за утврђивање различитих појава у многим областима људског деловања, као што су медицина, електроника, машинство, грађевинарство, архитектура. Термичко стање неког техничког система условљено је техничко-технолошким решењима, која одређују погонске услове, конструктивна извођења и карактеристике материјала. При анализи термичког стања система, да би се сагледао његов утицај, мора се поћи од узрока настајања топлотне енергије, која може потицати од самог техничког система.

1.2. Инфрацрвено зрачење

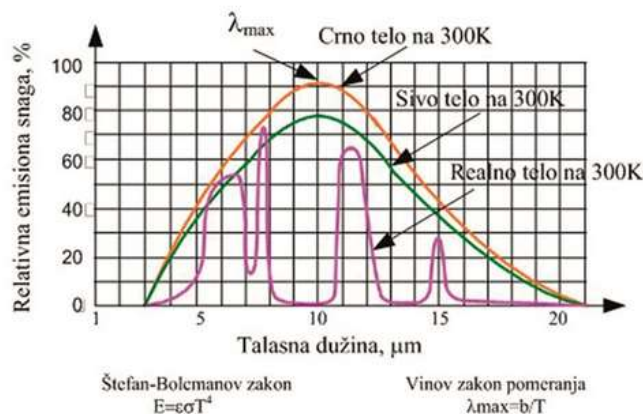
Инфрацрвено зрачење је врста електромагнетног зрачења које се манифестује када хемијске везе апсорбују, а затим ослобађају енергију. Ова врста зрачења је невидљива људском оку, али се може осетити као топлота. Инфрацрвено зрачење се у електромагнетном спектру налази између видљиве светлости и радиофреквентног дела спектра, Слика 1. Црвена боја у видљивом спектру има највећу таласну дужину, односно најмању фреквенцију.



Слика 1 – Електромагнетни спектар [3]

Инфрацрвено зрачење се примењује у различите сврхе. Како инфрацрвено зрачење емитују сва тела зависно од њихове температуре, према закону зрачења црног тела, термографија омогућава посматрање околине без видљивог осветљења. Количина зрачења се повећава с температуром, стога термографија омогућава да се види промена температуре (одатле и име термографија). Гледани термографском камером, топли предмети се добро истичу у односу на хладнију позадину; људи и друге топлокрвне животиње постају лако видљиви у односу на околину, дању и ноћу.

На основу карактеристика инфрацрвеног зрачења, тела се могу поделити у три групе: црна тела, сива тела и реална тела (или спектрална тела). Слика 2 приказује спектралну расподелу снаге зрачења једног црног тела, једног сивог тела и једног реалног тела на истој температури (300 K) [4].



Слика 2 – Спектрална расподела снаге зрачења црног, сивог и реалног тела на температури од 300K [4]

Целокупно зрачење које мерни инструмент региструје састоји се из три компоненте: емитована енергија, рефлектована енергија и трансмитована енергија. Ако је посматрано тело црно, тада је његова емисивност једнака јединици и оно неће ни рефлектовати ни трансмитовати енергију. Ако се ради о сивом телу, оно се, када се ради о спектралној расподели емитоване енергије, понаша слично као црно тело, али пошто има емисивност мању од јединице, долази до рефлексије и/или трансмисије енергије. У случају да се извор зрачења понаша као реално тело, ситуација је слична као код сивог тела. Пошто је емитована компонента повезана са температуром површине, за инфрацрвено мерење температуре, важно је да се остале две компоненте елиминишу или компензују [4].

2. ТЕРМОВИЗИЈСКЕ КАМЕРЕ

Камере за термовизијско снимање су посебно прилагођене да идентификују онај део електромагнетног спектра који је за људско око невидљив, те се зато називају још и инфрацрвеним камерама. Термовизијске фотографије привлаче пажњу због боја и чињенице да приказују свет који је људском оку недоступан. Ипак, њихова сврха је да реално прикажу постојеће стање емитовања топлоте, а тек након њихове обраде могу се изводити закључци.

Термовизијска камера (инфрацрвена или термална камера) је уређај који формира слику користећи инфрацрвено зрачење. Уређај садржи ласерски сноп за тачно фокусирање мерног објекта ради брзог и безконтактнoг мерења температуре са сигурне удаљености на загрејаним или недоступним местима. Термографске камере опајају зрачење електромагнетног спектра, у инфрацрвеном појасу електромагнетног спектра и стварају снимке тог зрачења који се називају термограми.



Слика 3 – Термовизијска камера [5]

Сваки термограм представља слику за себе, јер поседује сопствену палету боја, па се два термограма не могу поредити по бојама, чак и у случају када се ради о истим објектима. Стога, уз сваки термограм мора постојати скала боја, која боје доводи у везу са температуром. Да би се прецизно могле одредити температуре, термовизијска камера сачињава и температурни дијаграм који приказује промену температуре на објекту и то само дуж линије која је повучена на термограму. Што су боје уједначеније на термограму, то је уједначеније одавање топлоте, и обрнуто. Да би се установила оквирна мера одавања топлоте потребно је узети у обзир разлику између спољашње и унутрашње температуре зида и ваздуха (спољашњи и унутрашњи снимак). Светлије и топле боје (жута, црвена) указују на топлија места, а тамније и хладне боје (плава, љубичаста) на хладна места. Поузданост инфрацрвене камере зависи од тога колико има инфрацрвених сензора, а снага се мери у луксима (lx).

2.1. Историјски развој и примена термовизијске камере

Термовизијске камере појавиле су се први пут 1947. године, односно тада је представљен први инфрацрвени скенер. У то време био је потребан један сат да би се направио један термограм.

Британска морнарица прва је применила инфрацрвено зрачење за борбу против пожара на бродовима, седамдесетих година XX века. Нова технологија је била веома скупа, што је ограничавало њену примену. Посебна препрека били су трошкови детектора, јер је њихова примена захтевала хлађење. На крају деведесетих година термовизијски уређаји били су опремљени детекторима заснованим на технологији баријум-стронцијум-титаната. Они нису захтевали хлађење, што је поједноставило њихов дизајн и смањило трошкове. Упркос овим променама, и даље су сматрани скупим уређајима, јер су коштали око 20.000 долара. Преносиви уређаји били су гломазни и тежили су око 3,5 kg. Истраживачке институције и производне компаније радиле су дуго на унапређењу технологије. Развијене су нове врсте детектора, а коришћене су и ефикасније батерије за уређаје. Камере су постале лагане, једноставне за коришћење и могло се са њима радити неколико сати без замене батерије. Трошкови су смањени за око 80%. У данашње време скоро свака спасилачка и ватрогасна јединица могу себи да приуште коришћење термовизијских камера [6].

Прва комерцијална термовизијска камера продата је 1965. године за проверу исправности високонапонских далековода. Од тада је употреба термовизијских камера за индустријске намене постала кључни тржишни сегмент за FLIR-системе (Forward - looking infrared). Технологија термовизијског снимања се драстично развила, а термовизијске камере су постале компактне величине и изгледају попут дигиталне фото камере [7].

Термовизијске камере могу се користити у врло различитим подручјима:

- Откривање грешака у електричним инсталацијама
- Провера рада електромотора, машина и других уређаја
- Превентивни преглед примарних и секундарних енергетских уређаја
- Проверавање ефекта рада уређаја за грејање и хлађење
- Откривање грешака у градњи, топлотних мостова и слабости у изолацији зграда
- Откривање извора влаге, пропуштање воде, ефикасности подног грејања и провера укупне енергетске ефикасности зграде
- Камере детектују топлоту која зрачи из објекта, а с обзиром на то да је нормална температура људског тела 36-37 °C камере могу да региструју људску активност (повишену температуру тела, тела у задимљеном простору).

2.2. Примена термовизијске камере у области заштите од пожара

Употреба ових уређаја при гашењу пожара се стално повећава. Термовизијске камере олакшавају рад, повећавају сигурност ватрогаса-спасилаца, доприносе брзини и ефикасном спровођењу акције, чиме се може смањити потрошња средстава за гашење и смањити губици изазвани пожаром. Најчешће се користе код гашења пожара у зградама. Користе се и у другим активностима, као што је сузбијање ефеката природних катастрофа, користе се за мерење инфрацрвеног зрачења емитованог током вегетацијског пожара, тражење несталих лица у задимљеним просторијама, спровођење евакуације људи и животиња у диму и магли. Термовизијска камера може да буде део опреме робота који је намењен акцијама спашавања у задимљеним просторијама.

Коришћење термовизијских камера у дијагностици веома је корисно, јер ефикасност акције зависи од правилне дијагностике пожара у стамбеним зградама. Ватрогасци наилазе на врата која су обично закључана, што онемогућава брзу проверу да ли се налази ватра у том затвореном простору. Коришћењем камере омогућена је брза провера, уласком у просторије врше се прегледи зидова, плафона, пода, предмета и инсталација. Загрејана подручја могу пружити информације о местима где се ватра развија. Преглед собе камером олакшава процену стања пожара, као и тражење извора пожара, чак и у задимљеном окружењу. Постоји много случајева проналажења жртава у густом диму. Камера је корисна код лоцирања ватре у зградама слојевите конструкције. Тешко је лоцирати ватру у унутрашњости пода или зидова зграде, дешава се да на неприступачним местима узрок пожара буду неки запаљиви материјали. Због отежаног приступа ваздуха тињају полако, испуштајући мало дима. Тешко је и открити такав пожар, али и пронаћи места уколико је пожар почео између спратова.

Камера репродукује температуру у сивим тоновима, али подручја са прекорачењем температуре означена су црвеном бојом, што их чини лако видљивим. Инфрацрвена

камера олакшава рад ватрогасаца, побољшава безбедност, скраћује време трајања акција, омогућава прецизно лоцирање извора ватре и на тај начин економично управљање водом за гашење пожара, што минимизира губитке проузроковане пожарима (сваки литар воде доводи до непотребног уливања воде и повећава губитке, посебно у високим зградама, вода поплави и део који није био захваћен пожаром, слива се у подруме) [6].



Слика 4 – Термичка слика на екрану инфрацрвене камере [8]

2.3. Примена термовизијске камере у грађевинарству

Главни циљ примене савремених мера енергетске ефикасности у грађевинарству је смањење енергетских потреба, како при пројектовању нових објеката, тако и у одржавању постојећих. Примена принципа енергетске ефикасности у грађевинарству омогућује рационалније коришћење енергије, као и перманентно редуковање губитака. Проблем енергетске ефикасности је очигледан у Републици Србији која троши два до три пута више енергије по квадратном метру годишње од просека у Европској унији.

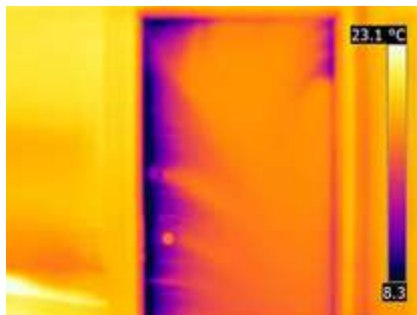


Слика 5 – Термовизијско праћење квалитета термоизолације [8]

Термографија се већ више десетина година користи у многим областима као што су грађевинарство, машинство, екологија, петрохемијска индустрија. Термографија је нашла примену као квалитативна метода за проналажење топлотних губитака кроз спољашње зидове објеката. Термографија омогућава визуелизацију топлотних губитака, кроз конструкционе елементе грађевинских објеката, због тога се користи приликом истраживања потенцијала повећања енергетске ефикасности објеката. Термографским снимањем се лоцирају топла и хладна места на сниманим објектима, док се лоцирање недостатака базира на термографском снимању објекта и анализи која укључује стручну интерпретацију измерених вредности [9].

Термовизијске камере се користе за проверу електричних инсталација, које имају тенденцију да генеришу необичну топлоту пре него што се деси квар или у најгорем

случају пожар. Откривањем ових жаришта могу се предузети превентивне мере, и отклањањем квара спречити даље опасности [9].



Слика 6 – Посматрање губитака топлоте на вратима, прозорима, плафонима [8]

2.4. Примена термовизијске камере у медицини

Појединости у вези са физиолошким процесима човека могу да се прате на овај начин, расподелом температуре коже, односно термичким снимањем система. Ова дистрибуција може бити последица протока крви. Камере високе резолуције користе се за посматрање варијација температуре, па су информације о стандардном истраживању побољшане термовизијом. Ова техника омогућава откривање малигнух тумора у раној фази. Многа друга медицинска стања могу се проучавати помоћу термовизије, нпр. понашање цилиарног мишића ока, површински пулс темпоралне артерије. Ризици код оштећења ткива код пацијената са дијабетесом могу се открити термовизијом [7].

Пандемија свињског грипа 2009. године драстично је повећала употребу термалног снимања, јер су се употребом камера откривали потенцијално заражени путници, али и код пандемије заразне болести Covid-19 свеprisутна је употреба термовизијских камера, посебно на аеродромима.

Термалне камере за детекцију телесне температуре дизајниране су тако да уз помоћ алгоритама и детектора могу да открију повишене температуре површине коже, па тако могу бити коришћене за брзо и прелиминарно скенирање на грозницу, са великом тачношћу.

3. ЗАКЉУЧАК

У раду је дат принцип рада термовизијске камере. Приказана су подручја примене, са посебним освртом на примену код превенције пожара, као и код ватрогасно-спасилачких интервенција.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Савић, Б. (2012). *Рачунарски системи као могући узрочник пожара*. Зборник радова са 7. Међународног саветовања Ризик и безбедносни инжењеринг, Копаоник, стр. 348-353.
- [2] Преузето 26.01.2021, са <https://www.kvark.rs/proizvodi/oprema-iz-oblasti-industrije/termografija/termovizijske-kamere>
- [3] Преузето 26.01.2021, са https://sr.wikipedia.org/wiki/Nejonizuju0:Elektromagnetni_spektar.2.JPG
- [4] *Примена термовизије у грађевинарству I део*. Часопис Индустрија. Преузето 02.02.2021, са <https://www.industrija.rs/vesti/clanak/primena-termovizije-u-gradjevinarstvu-i-deo>
- [5] Преузето 26.01.2021, са <https://www.freepng.ru/png-3jkqvf/>
- [6] Szajewska, A. (2012). *Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology*. Procedia Engineering 172, стр. 1067–1072. Преузето 26.01.2021, са <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817306707>
- [7] Rai, M., Maity, T., Yadav, R.K. (2018). *Thermal imaging system and its real time applications: a survey*. Journal of Engineering Technology, бр. 6 (2), стр. 290-303.
- [8] Преузето 26.01.2021, са <https://www.msinstalacije.rs/usluge/snimanje-objekta-termalnom-termovizijskom-kamerom.html>
- [9] Лацмановић, Д., Добриловић, Д., Стојанов, Ж., (2014). *Примена термовизијске камере у системима за праћење енергетске ефикасности објеката*. Зборник INFOTEN-JAHORINA, бр. 13, стр. 164-168. Преузето 02.02.2021, са <https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2014/radovi/ENS-2/ENS-2-7.pdf>