

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

2125261

DIPLOMOVÁ PRÁCA

2011

Ladislav Ruttkay, Bc

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
TECHNICKÁ FAKULTA**

VYUŽITIE TERMOVÍZIE V DIAGNOSTIKE VOZIDIEL

Diplomová práca

Študijný program: Spôľahlivosť a bezpečnosť technických systémov
Študijný odbor: 2386800 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko: Katedra kvality a strojárskych technológií
Školiteľ: Ing. Jozef Žarnovský, PhD.

Nitra 2011

Ladislav Ruttkay, Bc

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Ladislav Ruttkay vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Využitie termovízie v diagnostike vozidiel“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 20. apríla 2011

Ladislav Ruttkay

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem pod'akovanie Ing. Jozefovi Žarnovskému, PhD. za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce, za ochotu, venovaný čas a pomoc pri získavaní informácií. Ďalej by som chcel vysloviť pod'akovanie Ing. Štefanovi Bod'ovi a Jozefovi Golianovi, za pomoc, ochotu a venovaný čas pri vypracovaní praktickej časti mojej diplomovej práce.

Abstrakt

Závěrečná práce je vypracovaná na tému Využitie termovízie v diagnostike vozidiel. Prvá časť diplomovej práce je venovaná spracovaniu prehľadu o súčasnom stave riešenej problematike. V prehľade sú uvedené všeobecné rozdelenia technickej a automobilovej diagnostiky v praxi, diagnostické prostriedky, metódy a postupy, ktoré sú využívané pri diagnostikovaní motorových vozidiel. Druhá polovica prehľadu je venovaná problému využívania termovíznej techniky v automobilovej diagnostike.

Automobilová diagnostika je cieľový postup zisťovania technického stavu motorového vozidla, ktorý vedie k odhaleniu chyby na motorovom vozidle alebo k nastaveniu či k zmenám konfigurácií jednotlivých zariadení. Jednou z dôležitých fyzikálnych veličín, ktorá charakterizuje technický stav zariadení, je teplota. Pomocou termovíznej kamery dokážeme zobraziť teplotné polia povrchov, elektrických alebo mechanických objektov, ktorých činnosť je spojená s vývinom alebo absorpciou tepla behom prevádzky.

Samostatné kapitoly tvoria cieľ práce a metodika práce. Cieľom diplomovej práce bolo zhodnotiť možnosti využitia termovíznej techniky v technickej diagnostike automobilov. V metodike práce je uvedený postup, na základe ktorého bola vypracovaná záverečná práca. Je rozdelený na teoretickú a praktickú časť.

Druhá časť diplomovej práce pozostáva z výsledkov meraní, uskutočnených na základe cieľa práce, ktoré sme vykonávali pomocou nami zvolenej metodiky práce.

Meranie prebiehali na modeli benzínového motora v dielňach technickej fakulty SPU v Nitre. Pomocou termovíznej kamery boli zhotovené termovízne snímky (termogramy) meraných objektov, ktoré boli za pomoci príslušného softvéru Guide IrAnalyser, vyhodnotené. Výsledky merania a analyzovania meraných objektov, sú spracované v samostatnej časti diplomovej práce, pod názvom výsledky práce. V tejto časti sú uvedené všetky potrebné prostriedky a meracie zariadenia, ktoré boli použité pri meraní. Vo výsledkoch práce sú uvedené aj použité metódy a postupy, na základe ktorých bolo vykonané meranie.

Záver diplomovej práce je venovaný návrhu na využitie výsledkov a ich zhodnoteniu.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: technická diagnostika, motorové vozidlá, termovízia, termovízna kamera, meranie, termostat, lambda sonda, termogram.

Abstract

The work is drawn on the use of thermo vision in diagnosis of vehicles. The first part of this thesis is devoted to processing report on the current state of the field. The report sets out the general distribution of technical and automotive diagnostics in practice, diagnostic tools, methods and procedures used in the diagnosis of motor vehicles. The second half is devoted to review the problem of the use of Thermal Imaging technology in automotive diagnostics.

Automotive Diagnostics is targeted procedure to determine the technical condition of the vehicle, which leads to the detection errors on a motor vehicle or to set or to change configurations of individual devices. One of the important physical quantities that characterizes the state of the art equipment, is temperature. Using the thermal imager can see surface temperature fields, electrical or mechanical objects, whose activity is associated with the evolution or absorption of heat during operation.

Separate chapters are objective and work methods of work. The aim of this thesis was to evaluate the possibility of using Thermal Imaging Technology in technical diagnostics cars. The methodology describes the work on which was drawn up the final work. It is divided into theoretical and practical part.

The second part of the thesis consists of the results of measurements made on a targeted work that we made using our chosen methodology of work. Measurements were conducted on a model gasoline engine in the technical workshops of the Faculty Agricultural University in Nitra. Using the thermal imager were made Infrared images (thermograms) of the measured objects, which were using the software IrAnalyser Guide, evaluated. Measurement results and analysis of the measured object, are processed in a separate section of the thesis, called the work. This section provides all necessary equipment and measuring devices that were used for measurement. In the results of work are also the methods and procedures under which the measurement was made.

Conclusion of the thesis is devoted to the proposal to use results and their assessment.

KEYWORDS: technical diagnostics, motor vehicles, thermography, thermal imager, measuring, thermostat, lambda probe, thermogram.

Obsah

Obsah.....	7
Zoznam skratiek a značiek.....	9
Úvod.....	10
1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky	11
1.1 Technická diagnostika.....	11
1.1.1 Princíp technickej diagnostiky.....	15
1.1.2 Diagnostické prostriedky	16
1.2 Automobilová diagnostika	17
1.2.1 Meranie diagnostických parametrov.....	18
1.3 Meranie teploty	19
1.3.1 Základy merania teploty, tepla a infraradiácia.....	20
1.3.2 Bezdotykové meranie teploty	22
1.4 Termografia.....	25
1.4.1 Charakteristika infračerveného žiarenia	25
1.4.2 Pasívna termografia	27
1.4.3 Aktívna termografia.....	28
1.5 Termovízne systémy	29
1.5.1 Termovízne meranie	31
1.6 Využitie infračervenej techniky v technickej diagnostike	32
1.6.1 Využitie termovízie v automobilovej diagnostike	34
1.7 Súčasný termovízne systémy.....	37
1.7.1 Prenosné termovízne systémy.....	40
1.7.2 Stacionárne termovízne systémy	40
2 Cieľ práce	41
3 Materiál a metódy.....	42
3.1 Teoretická časť	42
3.2 Praktická časť	42
3.3 Charakteristika a technická špecifikácia použitých zariadení a meraných objektov.....	43
3.3.1 Model benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi	43
3.3.2 Charakteristika meraných častí benzínového motora	44

3.3.3	Motortester Bosch FSA 740	48
3.3.4	Termovízna kamera ThermoPro TP8s	49
3.3.5	Softvér pre analýzu termovíznych snímok Guide IrAnalyser® V1.7.....	50
3.4	Meranie a základné nastavenie parametrov termovíznej kamery ThermoPro TP8s.....	51
3.4.1	Meranie termovíznou kamerou ThermoPro TP8s	51
3.4.2	Nastavenie parametrov	51
4	Výsledky práce.....	56
4.1	Všeobecný pracovný postup diagnostikovania benzínového motora pomocou termovízie.....	57
4.2	Zisťovanie technického stavu automobilového termostatu pomocou termovízie na základe merania teploty chladiacej kvapaliny	58
4.2.1	Technologický postup merania	58
4.2.2	Vyhodnotenie nameraných údajov	60
4.3	Zisťovanie technického stavu □ sondy pomocou termovízie.....	62
4.3.1	Technologický postup merania.....	62
4.3.2	Diagnostika a vyhodnotenie nameraných údajov □ sondy pomocou termovízie a príslušného softvéru	63
4.4	Ďalšie možnosti využitia termovízie v diagnostike automobilov	66
4.4.1	Elektrická inštalácia motorového vozidla.....	66
4.4.2	Automobilový akumulátor.....	67
5	Diskusia	69
6	Návrh na využitie výsledkov.....	72
	Záver	74
	Zoznam použitej literatúry	75
	Prílohy.....	78

Zoznam skratiek a značiek

v	vlnočet
v × š × h	výška × šírka × hĺbka
ABS	Anti-lock Braking System (Protiblokovací brzdiaci systém)
ASR	Anti-Slip Regulation (Protiklznový systém)
CCD	elektronická súčiastka používaná pri snímaní obrazovej informácie
DM	dolná medza teplotného rozsahu termovíznej kamery
FLIR	Forward Looking InfraRed – „Pokrokové infračervené“
HM	horná medza teplotného rozsahu termovíznej kamery
IR	infra red – infračervený
LWIR	Long Wavelength Infrared Region – vlnová dĺžka ďaleko vzdialená od infračervenej oblasti
LCD	Liquid Crystal Display – displej z tekutých kryštálov
MPI	Multi Point Injection – viacbodové vstrekovanie paliva
MWR	Middle Wavelength Infrared Region – stredná vlnová dĺžka infračervenej oblasti
NTSC	NTSC (National Television System(s) Committee – štandard kódovania analógového televízneho signálu
NWIR	Near Wavelength Infrared Region – vlnová dĺžka blízka IR oblasti
NIR	Near Infrared Region – blízkej infračervenej oblasti
OBD	On Board Diagnostic – systém palubnej diagnostiky
PAL	Phase Alternating Line - štandard kódovania farebného signálu pre televízne vysielanie.
QWIP	Quantum Well Infrared Photodetector – systémy s chladenými mozaikovými detektormi
TMV SS	obchodná spoločnosť, zastupujúca zahraničné firmy na trhu ČR a SR, ktorá sa špecializuje na meráciu a zobrazovaciu techniku
TP8s	označenie termovíznej kamery ThermoPro TP8s
USA	United States of America – Spojené štáty americké
VGA	Video Graphics Array - registrovaná obchodná značka firmy IBM pre grafický adaptér
λ	označenie vlnovej dĺžky

Úvod

Technická diagnostika je vedný odbor, zaoberajúci sa štúdiom, skúmaním, určením a klasifikovaním porúch technických systémov, strojov ako celkov a ich prvkov (skupín, podskupín a dielov) a príznakov (symptómov) týchto porúch. Zároveň sa venuje aj metódam a princípom technických prostriedkov, ktoré umožňujú vykonať skúmanie na objekte podrobenom diagnostickému procesu.

Automobilová diagnostika je cieľový postup, ktorý vedie k odhaleniu chyby na motorovom vozidle alebo k nastaveniu či k zmenám konfigurácií jednotlivých zariadení.

Jednou z dôležitých fyzikálnych veličín, ktorá charakterizuje technický stav zariadení, je teplota. Teplota ktoréhokoľvek objektu sa dá zmerať množstvom metód a prostriedkov, pričom je definovaná teplotnou stupnicou. Meranie teploty dotykovými (invazívnymi) metódami je v niektorých prípadoch veľmi náročné a z prevádzkových a bezpečnostných dôvodov aj nemožné, pretože tieto metódy si vyžadujú priamy a pomerné dlhodobý kontakt s meraným predmetom. Zariadenia, ktoré sú založené na snímaní vyžarovanej infračervenej energie a nevyžadujú priamy kontakt so skúmaným objektom, nazývame termovízne systémy.

Termovíznu techniku možno využívať v celom rade ľudskej činnosti od medicíny začínajúc až po vojenskú. Termografickú diagnostiku zaraďujeme medzi nedeštruktívne skúšobné metódy. Počas merania teploty je termovízne zariadenie umiestnené tak, aby skúmaný objekt bol v čo najväčšom zornom poli. Z jednotlivých meraní sa robia záznamy, ktoré sa štatisticky spracujú za účelom získania miesta poruchy a určenia miesta s čo najväčšou pravdepodobnosťou vzniku porušenia.

Využitie termovíznej techniky v diagnostike automobilov predstavuje širokú škálu možností, ako napr. meranie teploty oleja v motore, chladiacej kvapaliny a termostatu, defektoskopické merania, posudzovanie brzdnych a motorových systémov vozidla a mnoho ďalších využití, ktoré nám pomáhajú objasniť príčiny poruchy.

V súčasnosti možno konštatovať, že z celého radu prípadov je táto diagnostika (termodiagnostika) nenahraditeľná alebo veľmi ťažko nahraditeľná inými diagnostickými metódami.

1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

1.1 Technická diagnostika

Technická diagnostika je v obecnom poňatí náuka (Čupera, 2007), ktorá sleduje stav technického zariadenia. Zároveň sa venuje metódam a princípom technických prostriedkov, ktoré umožňujú vykonať skúmanie na objekte podrobenom diagnostickému procesu. Označenie technická diagnostika vychádza z dvoch základných predpokladov:

- *diagnostický proces je bezdemontážny*, v zmysle skúšania diagnostikovaného objektu, ktoré rešpektuje usporiadanie tak, ako je zariadenie konštruované a schopné pracovať. Ak je nutná demontáž, musí byť zachovaná podmienka činnosti aspoň funkčnej skupiny.
- *technická diagnostika je vždy nedeštruktívna* – nedochádza k poškodeniu objektu.



Obr. 1.1 Diagnostické vybavenie

(Zdroj: <http://www.bayerncenter.sk/wp-content/gallery/diagnostika/04.jpg>)

Hodnotenie stavu zariadenia je podmienené určením príznakov poruchy (symptómov), ktorých prejav nesie niektoré z fyzikálnych, ľahko merateľných veličín.

Technická diagnostika je samostatný odbor (Kreidl, 2006) zaoberajúci sa bezdemotážnymi a nedeštruktívnymi metódami a prostriedkami stanovením technického stavu objektu. Pre diagnostické aplikácie sa stále častejšie používajú inteligentné senzory (Smart Sensor), ktoré obsahujú mikroelektronické (prípadne nanotechnologické) obvody pre spracovanie, analýzu a unifikáciu signálov v jedinom kompaktnom prevedení s citlivou časťou (čidlom) senzora.

Správnosť a jednoznačnosť diagnózy skúmaného objektu závisí na optimálnom návrhu diagnostického systému, a to i z hľadiska ekonomického a bezpečnostného a na dôkladnej analýze diagnostikovateľnosti vybraných možných chýb.

Diagnostický signál je často pohltený rušením jednak vplyvom ďalších javov v danom objekte a jednak vplyvom okolitého prostredia. Z tohto dôvodu je nutné zameraný diagnostický signál nielen analyzovať z hľadiska detekcie, lokalizácie a rozpoznania typu chyby, ale taktiež z hľadiska potlačenia rušenia. Preto sú v technickej diagnostike stále častejšie aplikované okrem štandardných metód spracovania signálov, tzv. pokročilé metódy analýzy signálu, založené na štatistických metódach, neurónových sieťach, fuzzy logike a expertných systémoch.

Technická diagnostika je definovaná ako proces (Ogurčáková, 2003), pri ktorom sa zisťuje aktuálny technický stav objektov na základe objektívneho vyhodnotenia príznakov zistených prostriedkami meracej techniky. Vykonávanie diagnostiky je možné s ohľadom na fázu životnosti stroja alebo zariadenia. Cieľom diagnostiky nie je meranie, ale odhalenie chýb zariadenia v bezdemontážnom stave, a tak môžeme predchádzať haváriám a účelne uskutočňovať opravy, ako aj minimalizovať náklady na údržbu.

Technická diagnostika (Papoušek, 1976) je pomerne mladá vedná disciplína zaoberajúca sa štúdiom, skúmaním, určením a klasifikovaním porúch technických systémov, strojov ako celkov a ich prvkov (skupín, podskupín a dielov) a príznakmi (symptómy) týchto porúch. Môže skúmať ľubovoľné technické systémy, ktorá vyhovujú týmto podmienkam:

- môžu byť aspoň v dvoch rôznych a vzájomne sa vylučujúcich stavoch – prevádzkyschopnom a poruchovom,
- môžu sa z nich vyčleniť prvky (mechanizmy bloky, skupiny a pod.) rovnako charakterizované rôznymi stavmi.

Vypracováva metódy a prístrojovú techniku reagujúcu na kombináciu príznakov porúch tak, aby sa tieto poruchy mohli určiť bez demontáže, spravidla za chodu stroja. Na základe údajov získaných všetkými technicky dostupnými metódami tak nepriamo stanoví vlastnosti (parametre) a technický stav skúmaných objektov a systematický ich porovnáva s prípustnými odchýlkami od menovitých hodnôt stanovených technickými podmienkami. Na základe prevedenej analýzy – technickej diagnózy – predkladá závery o potrebe nutných preventívnych opatreniach (druh údržby, opravy), odporúčania o vhodnosti daného technického zariadenia pre ďalšiu prevádzku a predpoveď (prognózu) o jeho pravdepodobnej bezporuchovej dobe ďalšej práce.

Technická diagnostika (Čupera, 2007) komplexne rieši nie len aktuálny stav objektu a jeho vývoj v budúcnosti, ale aj minulosť. Rozdelenie úloh podľa času, v ktorom sa diagnostický proces sústreďí, sa v diagnostike označuje:

- **Diagnóza** – je vyhodnotenie okamžitého technického stavu objektu. Z hľadiska terminológie spoľahlivosti (Kreidl, 2006) sa jedná o vyhodnotenie prevádzkyschopnosti objektu za daných technických podmienok.

Základné úlohy diagnostiky sú:

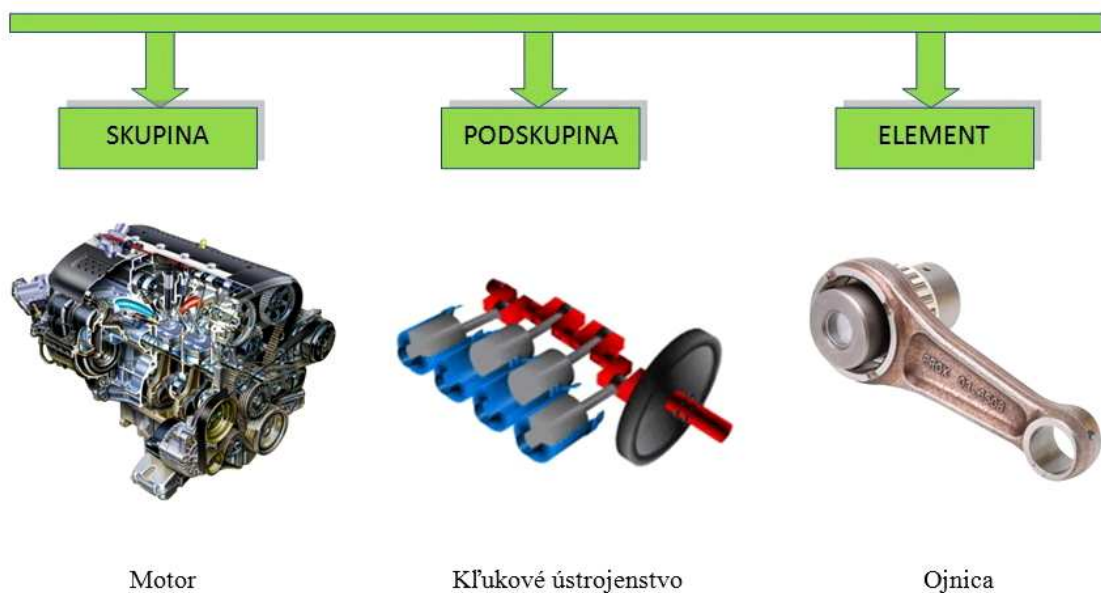
- detekcia chyby alebo poruchy, t.j. identifikácia chyby alebo identifikácia úplnej alebo čiastočnej poruchy objektu,
 - lokalizácia chyby alebo poruchy, t.j. určenie miesta chyby alebo poruchy v objekte.
- **Prognóza** (z gréckeho „prognosis“) predpovedanie, je zameraná na určenie budúceho vývoja technického stavu diagnostikovaného objektu (Čupera, 2007). Úlohu predikcie (predvídania) budúceho stavu nie je možné stanoviť akýmikoľvek technickými nástrojmi. Jediná cesta sa nachádza v statickom skúmaní a vyhodnotení pravdepodobnosti bezporuchových stavov rovnakých objektov na určitom počte vzoriek.
 - **Genéza** (z gréckeho „genesis“) je analýza možných a pravdepodobných príčin vzniku poruchy alebo chyby (Kreidl, 2006), a tým predčasné zhoršenie technického stavu objektu.

Medzi všetkými tromi – diagnózou, prognózou a genézou, existujú vzájomné súvislosti (Čupera, 2007), avšak nevyhnutné v procese diagnostického skúmania je určenie diagnózy.

Kvalitatívne je možné diagnózu ovplyvniť diagnostickým pokrytím, ktoré udáva hĺbku detekcie s vyhodnotením počtu zistených porúch a ďalej diagnostickým rozlíšením stanovujúcim hĺbku lokalizácie s určením počtu lokalizovaných porúch.

Technická diagnostika na objekt svojho skúmania hľadá skutočne ako na objekt, ktorý má určité rysy, napr. vstupy, vnútornú štruktúru a výstupy. Avšak paradoxne objekt či zariadenie má vždy určitú skladbu, delí sa na časti, ktoré majú definovanú funkciu. Systematicky je funkcia prezentovaná funkčnými blokmi: skupinami, podskupinami a ich základnými súčasťami – elementmi (viď obr. 1.2).

Funkčné bloky



Obr. 1.2 Zloženie zariadenia – funkčná bloková schéma

(Zdroj: ČUPERA, J. - ŠTĚRBA, P. 2007)

Technickú diagnostiku motorových vozidiel môžeme rozdeliť podľa účelu na:

- **Prevádzkovú diagnostiku** – je určená (Čupera, 2007) k zaisteniu spoľahlivej prevádzky vozidla užívateľa. Na vozidlo sa pozerá ako na celok a diagnostický proces nezahŕňa skúmanie funkčných skupín. Demontáž je povolená len za účelom dostupnosti kontrolných miest,
- **Dielenskú diagnostiku** – je tá časť diagnostiky, ktorá skúma stav funkčných celkov, ktoré sú demontované z vozidla. Diagnostický proces je nezávislý na vozidle a slúži k opravárenským a dielenským potrebám.

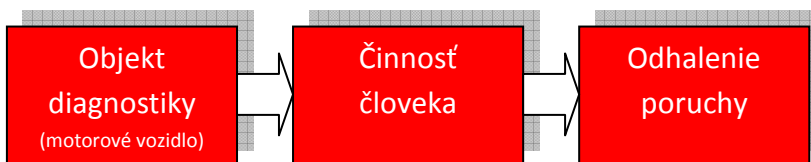
- **Výskumnú a skúšobnú diagnostiku** – užíva sofistikované metódy diagnostického procesu. Väčšinou je neoddeliteľnou časťou celkového výskumu vozidla.

1.1.1 Princíp technickej diagnostiky

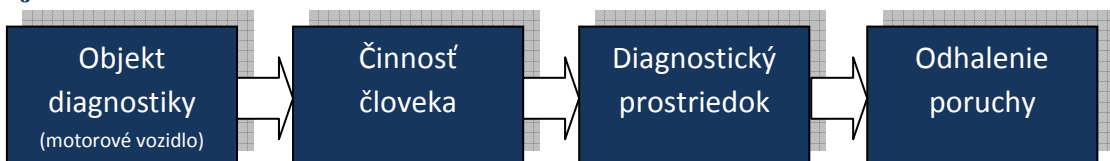
Technická diagnostika (Čupera, 2007) sa vyznačuje vlastnými princípmi, ktoré na rozdiel od merania diagnostických parametrov založených na snímaní fyzikálnych veličín majú základ v dvoch základných kritériách:

- **Objektívnosť** – ktorá je zviazaná s jednoznačnosťou a opakovateľnosťou výsledkov diagnostického skúmania. Základným predpokladom objektívnosti technickej diagnostiky je fakt, že musia byť vylúčené subjektívne vplyvy, ktoré do diagnostiky prináša spravidla človek. Tvrdenie však nevylučuje subjektívne pocity človeka, ktorý prevádza hodnotenie stavu automobilu, len sa vymyká definícií objektívnej technickej diagnostiky.
- **Racionálnosť** – vychádza zo spôsobu vykonávania technickej diagnostiky. Ako už bolo zmienené vyššie, technická diagnostika pokiaľ je možné by mala byť bezdemontážna. Dôvodom sú ekonomické náklady dané časovou prácnosťou demontáže. Bohužiaľ konštrukcia vozidla u niektorých funkčných skupín či podskupín takmer vylučuje vykonanie diagnostických úloh.

Subjektívna kontrola



Objektívna kontrola



Obr. 1.3 Subjektívna a objektívna diagnostická kontrola

(Zdroj: ČUPERA, J. - ŠTĚRBA, P. 2007)

1.1.2 Diagnostické prostriedky

Diagnostické prostriedky sú súborom technických zariadení a postupov či metód pre analýzu a vyhodnotenie diagnostikovaného objektu (Čupera, 2007). Nevyhnutne musia umožniť kontrolu objektov a vyhodnotenie zistených výsledkov na základe ktorých je zostavená diagnóza. Diagnostické metódy predstavujú merania diagnostických parametrov na základe fyzikálnych veličín.

Pracovný postup (Kreidl, 2006) je diagnostický algoritmus (t.j. sled elementárnych úkonov diagnostikovania) vrátane programového vybavenia pre vyhodnocovanie dát, aplikácii pokročilých metód spracovania signálov, metód výberu vhodných diagnostických parametrov, zostavenia matematických modelov a iné. Diagnostické prostriedky sa delia na ON-LINE a OFF-LINE.

ON-LINE prostriedky umožňujú diagnostikovať objekt pri prevádzke. Pokiaľ je merací systém trvalo alebo periodicky pripojený k diagnostickému objektu, hovoríme o monitorovaní, t.j. priebežnom alebo pravidelnom sledovaní technického stavu objektu a vyhodnocovaní trendu chýb alebo medzných bezpečnostných stavov, pri ktorých je nutné objekt z prevádzky odstaviť.

OFF-LINE majú stratégiu odlišnú u rôznych firiem. Obvykle sa pod pojmom OFF-LINE rozumie diagnostikovanie objektu, ktorý je mimo prevádzky. Niektoré firmy pod pojmom OFF-LINE používajú tzv. kolektory dát, t.j. malé prenosné prístroje. Zber dát sa potom vykonáva za prevádzky a okrem okamžitého základného vyhodnotenia sa podrobná analýza nameraných dát vykonáva s časovým odstupom na externom pracovisku.

V diagnostike motorových vozidiel (Čupera, 2007) je možné sa stretnúť s pozmeneným rozdelením diagnostických prostriedkov na vonkajšie a vnútorné. Vonkajšie diagnostické prostriedky sú tie, ktoré pôsobia na vozidlo z vonkajšej strany, sú oddelené. Tieto prostriedky sa používajú pri diagnostikovaní veľmi zložitých systémov napr. určenie kvality spaľovacieho procesu stanoveného na základe koncentrácie zložiek emisií. Naopak vnútorná diagnostika je súčasťou diagnostikovaného objektu – vozidla. Typickým príkladom môže byť palubná diagnostika systému riadenia motora. V praxi platí, že vnútorná diagnostika v detekcii poruchy je obvykle menej spoľahlivá.

1.2 Automobilová diagnostika

Automobilová diagnostika je cieľný postup, ktorý vedie k odhaleniu chyby na motorovom vozidle (Vlk, 2006) alebo k nastaveniu či k zmenám konfigurácií jednotlivých zariadení.

Automobilovú diagnostiku delíme na:

- komunikáciu s riadiacimi jednotkami,
- meranie priebehu napätí jednotlivých snímačov alebo akčných členov.

Technická diagnostika je v širšom slova zmysle náuka, ktorá skúma stavy technických zariadení, metódy a prostriedky určovania týchto stavov a princípy konštrukcie diagnostických zariadení. Technickou diagnostikou rozumieme diagnostiku bezdemontážnu a nedeštruktívnu.

Základnými metódami pre hľadanie porúch u motorových vozidiel sú vnútorná diagnostika (čítanie chybových kódov a test akčných členov) a vonkajšia diagnostika (meranie pomocou multimetra a osciloskopu, meranie emisii).

Vnútorná diagnostika je vlastne komunikácia s riadiacou jednotkou pomocou zariadenia k tomu určenému, umožňujúce čítanie chybových hlásení (svetelným kódom alebo dátovými prúdmi), diagnózu sledovaním hodnôt meraných a sprostredkovaných samotnou riadiacou jednotkou alebo jej programovanie (mazanie naučených hodnôt, základné nastavenie a pod.).

Vnútorná diagnostika zahŕňa test elektronických systémov (riadenie motora, prevodovky, ABS/ASR, airbagy, nulovanie servisných intervalov atď.) pomocou komunikácie s riadiacou jednotkou:

- zobrazovanie polohy a zapojenie diagnostickej zásuvky,
- vyčítanie pamäte chýb,
- vymazanie pamäte chýb,
- skutočné hodnoty,
- test akčných členov, základné nastavenie.

Vonkajšia diagnostika zahrňuje kompletný test motorov (Vlk, 2006) pomocou externe pripojených snímačov:

- štandardné testy s možnosťou porovnávania nameraných a predpísaných veličín,
- analýza motora s nápodvedou príčiny diagnostickej poruchy,
- multimeter,
- analýza napät'ových a prúdových signálov,
- diagnostické meranie emisií,
- symptóm, diagnostika pomocou príznaku poruchy,
- meranie a porovnanie odporov jednotlivých členov a ich vodičov s hodnotami predpísanými výrobcom,
- meranie emisií,
- dynamické meranie fyzikálnych veličín na motore pomocou programov a digitálneho pamäťového osciloskopu,
- metóda vymieňania podozrivých dielov.

1.2.1 Meranie diagnostických parametrov

Medzi základné diagnostické parametre patrí:

- meranie dĺžok, hmotnosti a času,
- meranie sily a momentu sily,
- meranie teploty, tlaku a prietoku,
- meranie elektrických veličín,
- osciloskopické merania,
- subjektívne metódy diagnostiky.

V technickej praxi proces merania chápeme ako súbor činností, ktoré si kladú za cieľ stanoviť hodnotu meranej veličiny (Čupera, 2007). Aby bolo možné stanoviť túto hodnotu, musíme poznať metódu merania. Existuje mnoho kritérií, podľa ktorých možno metódy merania deliť:

Priame metódy sú založené na priamom meraní prostredníctvom rovnakej veličiny, pričom možno použiť niekoľko ďalších princípov:

- *Komparačný* – priame porovnávanie veličín rovnakého druhu, hľadáme hodnotu, pri ktorej sa stav meranej veličiny čo najmenej líši od indikovanej hodnoty,
- *Kompenzačný* – dochádza k vyrovnaniu veličiny veličinou rovnakého druhu, pre názornosť možno uviesť mnohé mostíkové metódy v elektrotechnike,
- *Substitučný* – hodnota veličiny je nahradená hodnotami tej istej veličiny, pre predstavu sa jedná napr. zisťovanie hmotnosti alebo stanovenie odporu rezistorov.

Nepriame metódy merania vychádzajú z určených veličín, ktoré tvoria výslednú veličinu podľa určitého vzťahu.

- *Statické metódy* merania sú tie, ktoré nemajú premenný charakter v čase,
- *Dynamické metódy* sú premenné v čase.

Ostatné spôsoby delenia meracích metód vychádzajú z logických súvislostí procesu merania, zhrňujú napr. rozlíšenie podľa:

- spôsobu vnímania hodnôt:
 - dotykové
 - bezdotykové
- druhu meranej hodnoty zisťovanej veličiny:
 - mechanické
 - elektrické
 - optické.

1.3 Meranie teploty

Teplota je mierou termálnej energie (Šimko, 2007) obsiahnutej v akomkoľvek objekte. Teplota ktoréhokoľvek objektu sa dá zmerať množstvom metód a prostriedkov, pričom je definovaná teplotnou stupnicou. Meranie teploty dotykovými (invazívnymi) metódami je v niektorých prípadoch veľmi náročné a z prevádzkových a bezpečnostných dôvodov aj nemožné, pretože tieto metódy si vyžadujú priamy a pomerne dlhodobý kontakt s meraným predmetom.

Preto je potrebné zamerať sa na také spôsoby merania teploty, ktoré nevyžadujú priamy kontakt s meraným zariadením. Zariadenia, ktoré spĺňajú takéto podmienky, sú založené na snímaní vyžarovanej infračervenej energie.

Vo fyzikálnom poňatí (Čupera, 2007) je teplota jednou z najdôležitejších stavových veličín. Veľmi často je teplota zamieňaná s pojmom teplo, pretože v bežnom živote splývajú ich významy. Teplota určuje tepelný stav hmoty a jej podstatu možno nájsť vo väzbe s kinetickou energiou častíc. Zjednodušene možno povedať, že čím je vyššia teplota, tým je vyššia i pohybová energia častíc a naopak.

Meranie teploty je závislé od použitého princípu, podľa čoho je teplota určená. Meradlom veľkosti teploty je teplotná stupnica. V občianskom živote sa ustálili dve základné stupnice – Celsiova a Fahrenheitova.

Technická diagnostika nutne vyžaduje niekoľko typov teplomerov, pretože v pomerne širokom rozpätí teplôt je potrebné použiť rozdielne funkčné princípy týchto teplomerov.

1.3.1 Základy merania teploty, tepla a infraradiácia

Teplo je miera energie (Šimko, 2007), ktorú pri tepelnej výmene odovzdá teplejšie teleso chladnejšiemu. Keď teleso prijíma energiu vo forme tepla, jeho vnútorná energia stúpa. Kdekoľvek, kde je teplotný rozdiel, prebieha prenos energie vo forme tepla vedením, prúdením alebo žiarením z teplejšieho na chladnejšie miesto.

Teplota je stavová veličina, ktorá opisuje teplotný stav telesa. Zmeny teploty nenastávajú nikdy samy od seba. Ak stúpne teplota látky v dôsledku prívodu energie, môžeme hovoriť o citeľnom teple. Jednotkou tepla je J (Joule).

Teplota objektov nám vo svojej podstate hovorí, ktorým smerom potečie tepelný tok medzi dvoma objektmi s rôznou teplotou.

Existujú 3 základné typy prenosov tepla: **vedením** (konduktancia), **prúdením** (konvekcia) a **žiarením** (radiácia). Všetko teplo je prenášané jedným z týchto troch typov prenosov, obvykle ale kombináciou dvoch alebo všetkých troch typov prenosov.

1.3.1.1 Prenos tepla vedením

Prenos tepla vedením (konduktanciou) sa uplatňuje hlavne pri pevných telesách (Šimko, 2007), ale tiež v kvapalinách a plynoch. Ide vlastne o prenos vibráciami (kmitanie) atómov pevných telies alebo zrážky molekúl plynov (tepelná energia sa odvádza pomocou atómov alebo molekúl).

1.3.1.2 Prenos tepla prúdením

Prenos tepla prúdením (konvenciou) sa uplatňuje v pohybujúcich sa skupenstvách (Šimko, 2007) a je väčšinou vždy pri prenose tepla medzi pevným a kvapalným (plynným) skupenstvom. Voľné prúdenie sa uplatňuje, pokiaľ prenos tepla spôsobuje zmenu hustoty kvapaliny a teplejšia časť stúpa hore ako výsledok vzrastajúceho tlaku (pri plynoch sa ich ohriatím znižuje ich hustota takže dochádza k prúdeniu v dôsledku tepelných rozdielov). Vynútené prúdenie sa uplatňuje i vtedy, keď vonkajší zdroj, ako napr. ventilátor chladenia, uvádza kvapalinu (plyn) do pohybu.

1.3.1.3 Prenos tepla radiáciou

Prenos tepla radiáciou (sálaním, žiarením) sa od predchádzajúcich dvoch líši v niekoľkých aspektoch (Šimko, 2007):

- môže prechádzať vákuom,
- uskutočňuje sa elektromagnetickou emisiou a absorpciou,
- prebieha rýchlosťou svetla a prejavuje sa ako svetlo,
- zatiaľ, čo prenos tepla vedením alebo prúdením medzi dvoma bodmi je lineárne závislý od rozdielu teplôt medzi týmito dvoma bodmi, potom energia vyžarovaná z povrchu je úmerná štvrtéj mocnine svojej absolútnej teploty. Tepelná radiačná energia prenášaná medzi dvoma povrchmi je úmerná tretej mocnine tepelného rozdielu medzi oboma povrchmi.

Meranie tepelného infračerveného žiarenia tvorí základ bezdotykového merania teploty a infračervenej termografie. Podobne ako svetelná energia, je tepelná radiácia záležitosťou fotónov v elektromagnetickom spektre. Zatiaľ čo prenos energie svetla sa deje vo viditeľnej oblasti spektra od 0,4 μm do 0,78 μm , prenos tepla radiáciou, zaberá oblasť spektra medzi 0,78 μm a asi 100 μm , i keď väčšina praktických meraní sa realizuje v okolí 20 μm . Všetky povrchy telies, ktoré sú teplejšie než absolútna nula, vysielajú energiu v infračervenom spektre, veľmi teplé telesá v spektre viditeľného svetla.

1.3.2 Bezdotykové meranie teploty

Pri bezdotykovom meraní teploty sa využíva vyžarovanie v infračervenej oblasti tepelného žiarenia meraného telesa (Šimko, 2007). V rozsahu teplôt od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ vyššie vyžaruje každý predmet infračervené žiarenie s vlnovou dĺžkou od 0,8 do 30 μm .



Obr. 1.4 Ručné bezkontaktné teplomery

(Zdroj: <http://www.elseo.sk/13-teplota-a-vlhkost>)

Prístroje, ktoré určujú teplotu vyhodnotením tepelného žiarenia, sa nazývajú pyrometre. Bezkontaktné teplomery (pyrometre) využívajú rovnaký princíp (infračervené žiarenie) na snímanie teploty ako ďalej popísané termovízne systémy,

avšak odlišujú sa tým, že snímajú len jeden optický bod, ktorého veľkosť je závislá od optických vlastností daného pyrometra.

Bezkontaktné teplomery nachádzajú uplatnenie hlavne v prevádzkach, kde je treba urobiť jednoduchú revíziu daného zariadenia za prevádzky (ručné pyrometre) alebo trvale sledovanie teplôt spolu so záznamom do externého PC alebo zapisovača (stacionárne pyrometre). Prevažná väčšina týchto teplomerov je vybavená laserovým zameriavačom pre jednoduché zacielenie meraného objektu. Potom stačí už len na displeji prístroja alebo na monitore PC prečítať meranú hodnotu.

Meranie teploty bezdotykovými IR (z anglického infra red) teplomermi je založené na vyhodnocovaní tepelného žiarenia telies (Čupera, 2007). Časť tepelnej energie látok sa neustále premieňa na energiu, ktorú tieto látky vysielajú vo forme elektromagnetického žiarenia. Pri rovnováhe medzi energiu prijímanou a vysielanou môže byť stav žiariča charakterizovaný určitou teplotou. Vysielané žiarenie sa nazýva tepelné a je zložené z rôznych vlnových dĺžok. Značnú rolu na výsledku merania teploty infrateplomerom má emisivita, resp. pohltivosť žiarenia pre danú vlnovú dĺžku. Z tohto dôvodu sa neodporúča merať lesklé povrchy bez predchádzajúcej zmeny nastavenia emisivity v prístroji, ktorá býva v továrni nastavená na hodnotu 0,95.

Obecné meranie teploty v diagnostike motorových vozidiel je lokálnym typom merania, kde je snímaná teplota v mieste styku meracieho elementu s meraným objektom, prípadne bod sústredenia infrateplomera.

Pre väčšinu diagnostických aplikácií je toto zistenie teploty dostatočné, avšak v niektorých situáciách je potrebné pre správnu diagnózu poznať rozloženie teploty na povrchu sledovaného objektu. Táto informácia môže byť kľúčovou najmä pri častiach motora a pod.

Pyrometre vyhodnocujú podľa použitého druhu snímača (Šimko, 2007) istú časť žiarenia. Na základe toho, akú časť spektra vyhodnocujú, rozoznávame pyrometre radiačné, spektrálne a farebné:

- **radiačné pyrometre** využívajú celé spektrum. Základ tvoria tepelné snímače,
- **spektrálne pyrometre** využívajú žiarenie úzkej časti spektra alebo jednej vlnovej dĺžky. Na svoju činnosť využívajú kvantové snímače,
- **farebné pyrometre** vyhodnocujú zmenu farby meraného telesa s teplotou. Pracujú s kvantovými snímačmi rôznych typov.

1.3.2.1 Ručné pyrometre

Ručné pyrometre sa navzájom odlišujú svojimi vlastnosťami (Šimko, 2007), medzi ktoré patria hlavne veľkosti meraných bodov v závislosti od vzdialenosti meraného objektu a teplotného rozsahu pyrometra. Ďalšie vlastnosti poukazujú na spôsob prezentácie údajov, možnosti ukladania hodnôt, meracie funkcie atď.

1.3.2.2 Stacionárne pyrometre

Stacionárne bezkontaktné pyrometre nachádzajú najväčšie uplatnenie pri kontrole kvality výroby v mnohých oblastiach priemyslu (Šimko, 2007). Hlavne sa používajú na trvalé sledovanie a následné vyhodnotenie zmien teploty meraného objektu. Pomocou analógového výstupu (mV alebo mA) možno tieto pyrometre prakticky pripojiť na akékoľvek vyhodnocovacie zariadenie, medzi ne patrí aj sada voliteľných monitorov, ktoré sú ponúkané výrobcom. Tiež ich možno s použitím príslušného softvéru nastavovať a merané dáta snímať do externého počítača. To umožňuje robiť štatistický rozbor zo skôr nameraných hodnôt.

1.3.2.3 Výhody bezdotykového (neinvazívneho) merania teploty oproti dotykovým teplomerom

- nevzniká chyba vplyvom nedokonalého dotyku sond s nerovným povrchom,
- nehrozí nebezpečenstvo deštrukcie snímača vplyvom dotyku s meraným povrchom,
- meraná hodnota teploty je k dispozícii okamžite,
- obsluha aj meracie zariadenie môžu byť vzdialené od meraného objektu aj niekoľko metrov (t.j. snímanie z bezpečnej vzdialenosti),
- z jedného meracieho miesta je možné získať prehľad o rozložení teplôt na veľkej ploche,
- možnosť merania teploty i tam, kde kontaktné metódy zlyhávajú (veľmi vysoké teploty, agresívne prostredie, rýchle sa pohybujúce predmety a pod.).

Pyrometre nachádzajú použitie všade tam (Šimko, 2007), kde je potrebné merať teplotu bezdotykovo (napr. meranie teploty vodičov, vonkajšie vedenie, teploty spojov na vedení, teploty plameňa a pod.). Rôzne typy pyrometrov merajú teploty v rozsahu od – 20 do 3000 °C s presnosťou do 1,5 %.

Ako už bolo uvedené, samostatnú skupinu prístrojov pre bezdotykové meranie teploty tvoria snímače teplotného poľa. Na snímanie teplotného poľa sa používa tzv. termovízia. Termovízia prevádza dopadajúce infračervené žiarenie na obrazový signál. Ten sa zobrazuje na obrazovke v niekoľkých farbách, z nich každá vykresľuje zvolený teplotný rozsah.

1.4 Termografia

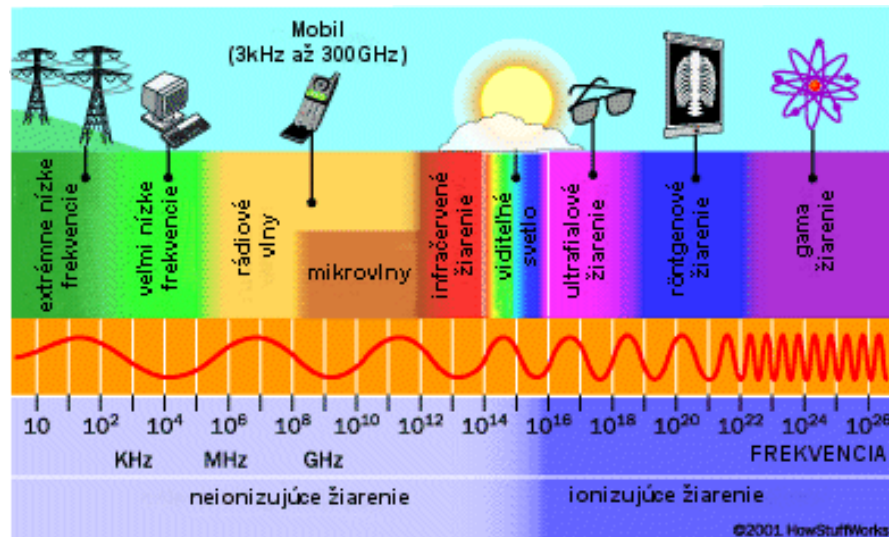
Termografia je nedeštruktívna metóda založená na zobrazení a vyhodnotení teplotného pola (tzv. termogramu) povrchu testovaného objektu (Kreidl, 2006). Z dotykových metód merania teplôt možno pre získanie termogramov použiť indikátory na báze kvapalných kryštálov so záznamom CCD kamerou. Fyzikálnym základom bezdotykovej termografie je meranie teploty povrchu telies termografickou kamerou (termovízia) a to na základe infračerveného spektra elektromagnetického žiarenia, vyžarovaného povrchom telesa v oblasti vlnových dĺžok od 0,4 μm do 25 μm . Pre monitorovanie technického stavu objektov počas prevádzky a pre nedeštruktívne testovanie (defektoskopiu) materiálov objektov sa využíva krátkovlnná oblasť infračerveného žiarenia od 2 μm do 5 μm a dlhovlnná oblasť žiarenia od 7 μm do 13 μm . V uvedených pásmach sa nachádzajú tzv. atmosférické okná s prijateľnou priestupnosťou žiarenia vo vzduchu.

1.4.1 Charakteristika infračerveného žiarenia

Infračervené žiarenie a s ním spojené postupy termografie sú ešte stále novinkou pre mnohých (Šimko, 2007), ktorí by mohli termovízne systémy používať.

Infračervené žiarenie je časťou širokého spektra elektromagnetického žiarenia (viď obr. 1.5), ktoré má rovnakú fyzikálnu povahu ako viditeľné žiarenie. Tvoria ho priečne elektromagnetické vlny, ktoré sa šíria v homogénnych prostrediach, vo vákuu, v plynách, v kvapalinách a pevných látkach približne priamočiario.

Pomocou šošoviek, ktoré sú vyrobené z optických materiálov a prepúšťajú infračervené žiarenie, alebo zrkadiel, možno toto žiarenie rovnako ako viditeľné žiarenie odkláňať od pôvodného smeru lomom alebo odrazom, sústreďovať a rozkladať na monochromatické zložky (pomocou hranolov alebo mriežok).



Obr. 1.5 Elektromagnetické spektrum

(Zdroj: <http://hockicko.utc.sk>)

Infračervené žiarenie, rovnako ako viditeľné žiarenie, má okrem vlnových vlastností aj časticové vlastnosti.

Termovízia využíva infračervenú časť spektra definovanú ako termografické spektrum. Ako vyplýva z obr. 1.5, spektrum elektromagnetického žiarenia sa delí podľa vlnových dĺžok na pásma. Tieto sú nazvané podľa metód, ktoré sa používajú na ich vybudenie alebo detekciu. Vyžarovanie v rozličných oblastiach sa nemení, má rovnaký fyzikálny základ a jediným rozdielom sú vlnové dĺžky.

Infračervené žiarenie ako druh elektromagnetického vlnenia zaberá v spektre široký rozsah (podstatne širší ako viditeľné žiarenie). Na strane kratších vlnových dĺžok hraničí s tmavočervenou oblasťou viditeľného pásma (s vlnovou dĺžkou $\lambda = 780$ nm) a na strane dlhších vlnových dĺžok s mikrovlnovou oblasťou spektra (vlny budené rádiotechnickými zdrojmi). Hranice dlhovlnného infračerveného žiarenia nie sú presne definované. Zväčša sa používa zaokrúhlený údaj asi $\lambda = 1$ mm.

Široký rozsah infračerveného žiarenia sa delí na:

- blízku infračervenú oblasť $\lambda = 780$ až 1400 nm,
- strednú infračervenú oblasť $\lambda = 1,4$ až 4 μm ,
- vzdialenú infračervenú oblasť $\lambda = 3 \mu\text{m}$ až 1 mm.

Prípadne sa často stretávame s rozdelením na štyri menšie pásma:

- blízke infračervené žiarenie $\lambda = 780$ až 3000 nm,
- stredné infračervené žiarenie $\lambda = 3$ až 6 μm ,
- ďaleké infračervené žiarenie $\lambda = 6$ až 15 μm ,
- extrémne infračervené žiarenie $\lambda = 15$ až 1000 μm .

Toto delenie je výstižné pre zdroje a snímače žiarenia: v blízkej infračervenej oblasti sa používajú rovnaké prostriedky ako v rozsahu viditeľného žiarenia, v strednej infračervenej oblasti len niektoré rovnaké prostriedky, vo vzdialenej infračervenej oblasti len tepelné prostriedky.

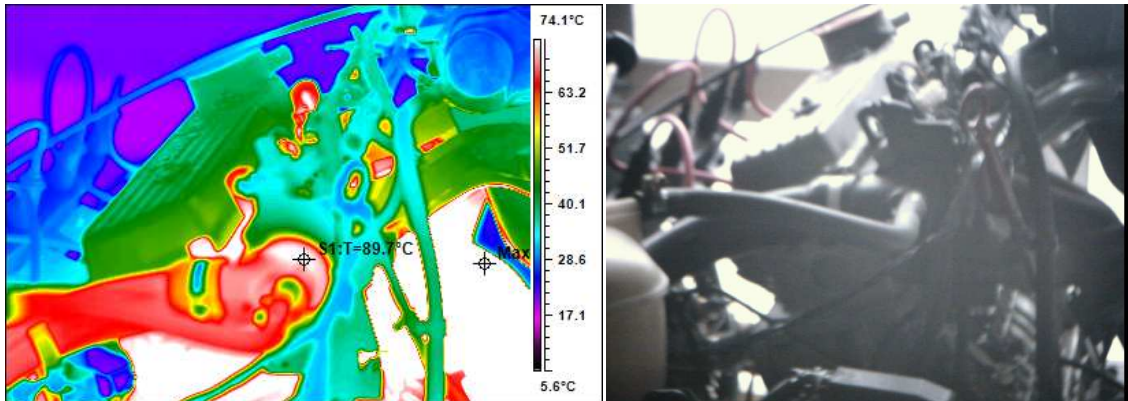
Infračervené žiarenie vzniká ako dôsledok fyzikálnych procesov, ktoré prebiehajú v objekte vyžarovania pohybom atómov, molekúl, kmitov uzlov kryštalickej mriežky a elektrónových prechodov z jednej energetickej hladiny na inú. Základným zdrojom infračerveného žiarenia je budenie žiarenia zvýšenou teplotou žiarica. Vysielané žiarenie sa potom nazýva teplotné.

Na charakterizovanie infračerveného žiarenia sa používa vlnová dĺžka λ , vyjadrená v mikrometroch (10^{-6} m) alebo nanometroch (10^{-9} m). Niekedy sa používa i pojem vlnocet (vlnové číslo) ν , ($\nu = 1/\lambda$).

1.4.2 Pasívna termografia

Pasívna termografia je zobrazovanie teplotných polí povrchu elektrických alebo mechanických objektov (Kreidl, 2006), ktorých činnosť je spojená s vývinom alebo absorpciou tepla behom prevádzky. Na termograme je možné zistiť opotrebenie mechanického prvku ako je napr. prevodovka alebo ložisko vplyvom trenia, v elektrických zariadeniach možno diagnostikovať neprípustný ohrev stratovým výkonom spôsobený elektrickým prúdom napr. na spojovacích svorkách kontaktov, na kontaktoch silových spínačov atď.

Pri pasívnej termografii sa jedná o monitorovanie objektov v rámci preventívnej údržby. Hodnotiacou veličinou sú teplotné rozdiely vo vybraných miestach na povrchu objektu medzi teplotami zmeranými a teplotami referenčnými (prípustnými).

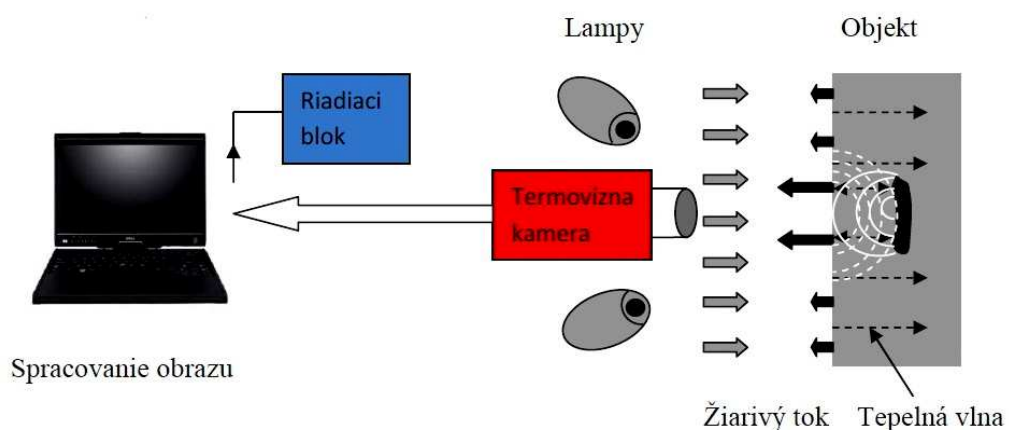


Obr. 1.6 Termovízna snímka termostatu a jej vizuálny obraz

(Zdroj: Vlastné foto)

1.4.3 Aktívna termografia

Aktívna termografia (Kreidl, 2006) je založená na riadenej stimulácii tepelnej vlny v telese, následnom snímaní rozložení teplôt termografickou kamerou na povrchu telesa a analýze signálu.



Obr. 1.7 Usporiadanie systému aktívnej termografie

(Zdroj: KREIDL, M. - ŠMÍD, R. 2006)

Zdrojom tepla, ktorý je najčastejšie umiestnený vo vnútri telesa, je halogénová lampa, pulzný laser, výkonový blesk, xenónová výbojka alebo teplý prúdici vzduch.

Tepelná stimulácia môže byť taktiež vybudená vnútorným trením štruktúry hmoty telesa prestupujúcou ultrazvukovou vlnou, u elektricky vodivých objektov z externej cievky indukovaných vírivých prúdov alebo rozkmitaným objektu.

1.5 Termovízne systémy

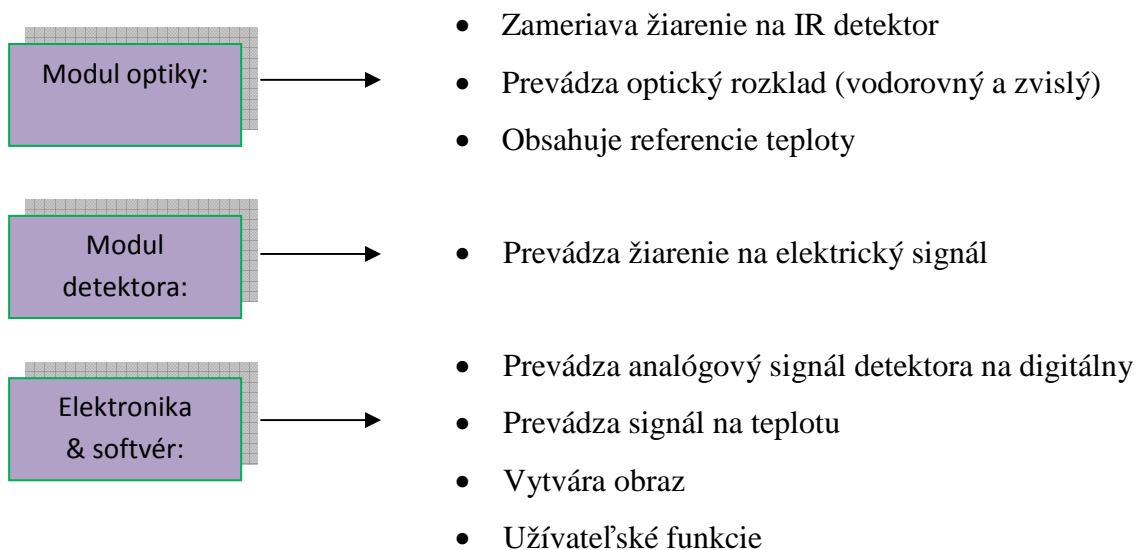
Termovízia je metóda tepelného snímania objektov emitovaného tepla a digitálneho zobrazovania a odstupňovania jeho teplotných polí (Ogurčáková, 2003). Jej výhodou je, že pracuje v podmienkach infračerveného žiarenia, ktoré sa vyžaruje na skúmané objekty a v termovíznej kamere sa opticko-mechanickým systémom sústreďuje žiarenie na polovodičový detektor, ktorý mení žiarenie na elektrický signál. Detektor je najcitlivejší v spektrálnom rozsahu 3,5 – 5,6 μm a jeho pracovný rozsah je od -20 do $+850$ $^{\circ}\text{C}$. S použitím šedého filtra je možné tento pracovný rozsah rozšíriť na $+1600$ $^{\circ}\text{C}$. Pre zvýšenie citlivosti je potrebné detektor chladiť kvapalným dusíkom (-196 $^{\circ}\text{C}$).

Elektrický signál z kamery je vedený do zobrazovacej jednotky, ktorej základnou funkciou je zobrazenie termickej informácie z kamery. Na monitore získame šedo tónovaný tepelný obraz – termogram. Pri najjednoduchšom zobrazení odpovedajú rôzne stupne šedosti energii infračerveného žiarenia.

Technickým prostriedkom pre sledovanie teplotných polí je termovízia. V praxi je možné sa stretnúť s termovíziami (Čupera, 2007), ktoré majú chladený alebo nechladený snímací prvok a ich rozlíšenie môže byť až 640×480 pixelov (bodov). Presnosť zariadení je veľmi vysoká a pohybuje sa okolo $0,1$ $^{\circ}\text{C}$, pri špeciálnej termovízii až $0,02$ $^{\circ}\text{C}$. Takéto spektrum meraných teplôt je značné, a to od jednotiek až po stovky stupňov, navyše je možné hodnotu zvýšiť zaradením filtrov. Zobrazenie jednotlivých bodov teploty je na snímke priradené gradientu farieb.

V súčasnej dobe vyrábané termovízne systémy (Šimko, 2007), umožňujú bežne zobrazovať teplotné polia na povrchu meraného objektu v rozsahu teplôt -20 $^{\circ}\text{C}$ až $+2000$ $^{\circ}\text{C}$, pri teplotnom rozlíšení (citlivosti) okolo $0,1$ $^{\circ}\text{C}$ a viac (závisí od teploty meraného objektu). Aby termovízny systém mohol zobrazovať teplotné pole od uvedených nízkych teplôt (a prípadne nižších), musí spĺňať určité vlastnosti a musí obsahovať také komponenty a časti, aby dané teplotné pole tzv. „videl“.

Skoro všetky, resp. prevažná väčšina termovíznych systémov (Šimko, 2007) sa skladá z nasledujúcich troch modulov:



Obr. 1.8 Všeobecný termovízny systém

(Zdroj: ŠIMKO, M. - CHUPÁČ, M. 2007)

Termografické systémy využívajú, resp. pracujú v tzv. infračervenej oblasti elektromagnetického spektra, ktorá je vymedzená vlnovými dĺžkami $0,8 \mu\text{m} - 1000 \mu\text{m}$.

Väčšina termografických systémov pracuje v dvoch vlnových pásmach, tzv. krátkovlnnom s vymedzenými vlnovými dĺžkami $2 \mu\text{m} - 5,6 \mu\text{m}$ a dlhovlnnom pásme $8 \mu\text{m} - 14 \mu\text{m}$. Každé toto pásmo je svojím spôsobom špecifické, preto aj používaná technika sa líši predovšetkým použitými modulmi optiky a detektora. Do bývalého Československa bol prvý termovízny systém dovezený v r. 1968, veľmi rýchlo sa tu i udomácnil ako aj jeho pojem termovize, na Slovensku termovízia. Jeho používanie však nebolo do r. 1996 nijako právne upravené. V tejto súvislosti bola na Slovensku v r. 2002 zaregistrovaná pod názvom Termovízia (v ČR bolo toto osvedčenie vystavené v r. 1996).

1.5.1 Termovízne meranie

Termovíznú techniku, ako už bolo spomenuté, možno využívať (a tiež je využívaná) v celom rade ľudskej činnosti od medicíny začínajúc až po vojenskú (Šimko, 2007).

Termodiagnostika je síce pomerne mladá disciplína, zaradená do odboru technickej diagnostiky, ale jej prínos už bol mnohokrát overený, pričom v celom rade prípadov je táto diagnostika nenahraditeľná alebo veľmi ťažko nahraditeľná inými diagnostickými metódami.

Na diagnostiku sa používa ľahká prenosná kamera s batériovým napájaním, termoelektrickým chladením, prípadne nechladeným detektorom a s vymeniteľnými objektívmi. Zobrazovací displej je prístupný cez hľadáčik kamery a všetky funkcie sa ovládajú pomocou funkčných tlačidiel. Archiváciu snímaných termogramov rieši 3,5'' mechanika. Celé zariadenie je kompaktný celok, má jednoduché ovládanie, vysoký stupeň mobilnosti a obsluhuje ju jeden pracovník.

Termografická diagnostika je nedeštruktívna skúšobná metóda. Termografické snímkovanie povrchov prináša prehľad o rozložení teplotných polí na povrchoch, rýchlo vytypuje miesta s teplotnými poruchami. Meranie sa vykonáva bezdotykovo z pomerne veľkej vzdialenosti a je potrebné zohľadniť isté obmedzenia.

Termografia má neoceniteľnú výhodu oproti iným diagnostickým metódam, že ide o bezkontaktnú metódu detekcie minimálnych rozdielov teploty na meraných objektoch, ktorá sa môže vykonávať počas bežnej prevádzky. Počas merania by nemali byť vzdušné zrážky (dážď, sneh, hmla), rýchlosť prúdenia vetra na základe metodických postupov musí byť menšia ako $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Snímané plochy by nemali byť vystavené slnečnému žiareniu a pri meraní vnútorných povrchov treba vylúčiť vplyv zdrojov tepla – vykurovacie telesá, osvetľovacie zariadenie a pod. Meranie je teda najlepšie vykonávať v skorých ranných hodinách pred východom slnka, v zimnom období s mínusovými teplotami.

Termovízne systémy umožňujú použiť celý rad špeciálnych filtrov (potláčajú slnečné odrazy, hmlu, dážď a pod.), ktoré sa nasadzujú do optickej dráhy lúčov infračerveného žiarenia na dosiahnutie správnych podmienok pri pozorovaní tepelného odrazu. Vykonáva ho špecialista, ktorý sa riadi metodickým postupom. Merania sa realizujú priamo v prevádzkových podmienkach a následne vo firme je potom spracovaný protokol, ktorý obsahuje všeobecné informácie o meranom zariadení,

farebný termogram doplnený farebnou fotografiou a grafickým vyznačením chybného miesta. Termogram je grafický záznam teplotného obrazu daného povrchu. Môže byť čiernobiely alebo farebný, s informáciou o teplote vyjadrenou stupnicou sivých odtieňov alebo stupnicou farieb. Rozloženie teplôt je zobrazené vo forme izotermických hladín rozličnej teploty s priradenými farbami. Na termograme je i teplotná stupnica (vo farebnom a číselnom vyjadrení) s vyznačením rozsahu teplôt na zobrazenom povrchu a identifikačné údaje (dátum a čas). Softvér umožňuje do obrazu umiestňovať poznámky, zvýrazňovať vybrané izotermy, vyhodnocovať teplotné profily na vyznačených plochách i rezoch a pod.

1.6 Využitie infračervenej techniky v technickej diagnostike

Jednou z dôležitých fyzikálnych veličín, ktorá charakterizuje technický stav zariadení, je teplota (Šimko, 2007). Prínosom pre prevádzkovateľa nielen pri riadení a kontrole technologických procesov a výrobných zariadení, ale tiež pre následné dokumentovanie samotnej kvality výrobku je sledovanie miest, kde ich kritérium je hodnota teploty. Pretože strojné časti, resp. prvky, ktorým treba merať teplotu musia byť v činnosti, pod zaťažením, napätím, v pohybe a teda v prevádzke aby sa preukázal ich dobrý, resp. zlý stav. Podobne môže mať význam i kontrola určitých vybraných častí zariadenia alebo jeho prvkov tam, kde môže dochádzať k nedovolenému nárastu teplôt či už z dôvodu nadmerného zaťaženia alebo poruchy.

Meranie teploty dotykovými (invazívnymi) metódami je v niektorých prípadoch veľmi náročné a z prevádzkových a bezpečnostných dôvodov aj nemožné, pretože tieto metódy si vyžadujú priamy a pomerne dlhodobý kontakt s meraným predmetom. Z tohto dôvodu je potrebné zamerať sa na také spôsoby merania teploty, ktoré nevyžadujú priamy kontakt s meraným zariadením. Metódy merania, ktoré spĺňajú takéto podmienky, sú založené na snímaní vyžarovanej infračervenej energie. Práve k snímaniu, zobrazovaniu a vyhodnocovaniu teplotných polí v mnohých odboroch ľudskej činnosti ako je diagnostika a vyhodnocovanie stavu objektov, veda, výskum a pod. sú v súčasnej dobe pomerne často rozšírené a využívané termografické (termovízne) systémy.

Hoci majú tieto systémy viac ako tridsaťročnú históriu pri používaní v práve spomínaných aplikáciách, preukázali sa ich neoceniteľné vlastnosti v detekcii a vyhodnotení poruchových stavov a pomáhajú i dnes hlavne v mnohých prevádzkach k zníženiu strát spôsobených poruchami na zariadeniach či výpadkoch vo výrobe a pod.



Obr. 1.9 Termokamery Ti25 a Ti55FT_C

(Zdroj: http://www.brueel.sk/images/Ti25,_Ti55FT_C-a.jpg)

Termovízne systémy sa využívajú najmä pri zisťovaní a sledovaní teplotných zmien na zariadeniach a pri pravidelných revíziách a kontrolách. Najčastejšie v oblasti výroby a distribúcie elektrickej energie, termodiagnostiky budov a objektov, rozvodu tepla, monitorovaní výrobných procesov, rôznych špeciálnych aplikáciách a pod.

V súčasnosti možno konštatovať, že z celého radu prípadov je táto diagnostika (termodiagnostika) nenahraditeľná alebo veľmi ťažko nahraditeľná inými diagnostickými metódami.

Termografia je teda všeobecný pojem používaný na označenie metód, ktorými sa mapuje rozdelenie teploty na povrchu skúmaných objektov v infračervenej oblasti ($1 \mu\text{m} \div 13 \mu\text{m}$) elektromagnetického spektra (Šimko, 2007). Infračervený merací systém je charakteristický tým, že meria a zobrazuje emitované infračervené žiarenie z povrchu objektu, (pričom telesá bežných materiálov, ako už bolo spomínané, sú reprezentované spektrálnou emisivitou v rozmedzí 0,1 až 0,95), v zhruba rozsahu meraných teplôt – $30 \text{ }^\circ\text{C}$ až $2000 \text{ }^\circ\text{C}$, obrazovou frekvenciou až 25 Hz a s teplotným rozlíšením $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vďaka možnosti zvukového, video a termovízneho záznamu (termogram), ktorý tento systém umožňuje realizovať je možné dáta zaznamenávať, prehrávať, vytlačiť a pod. Infračervené meranie je nedeštruktívna metóda bezkontaktného merania a zobrazovania povrchových teplôt snímaného objektu, ktoré sa realizuje za prevádzky a bez akéhokoľvek poškodenia meraného objektu.

Infračervené merania sa dajú realizovať rýchlo a ekonomicky s minimálnou potrebou času a pracovných síl, pretože nevyžadujú žiadne úpravy alebo vypnutie zariadení.

1.6.1 Využitie termovízie v automobilovej diagnostike

Veľmi dôležitým krokom pri termovíznom sledovaní poruchy je správna lokalizácia vzniknutej poruchy (Ogurčáková, 2003).

Počas merania teploty je termovízne zariadenie umiestnené tak, aby skúmaný objekt bol v čo najväčšom zornom poli. Z jednotlivých meraní sa robia záznamy, ktoré sa štatisticky spracujú za účelom získania miesta poruchy a určenia miesta s čo najväčšou pravdepodobnosťou vzniku porušenia.

Príklady využitia termovízie pri zisťovaní porúch automobilov:

- meranie teploty oleja v motore,
- meranie teploty chladiacej kvapaliny, termostat,
- využitie termovízie pri defektoskopii,
- nájde chybné vstrekovacie palivové trysky,
- vyhodnotí prevedenie a chladiace vlastnosti brzdnych a motorových systémov,
- diagnostikuje zadieranie motora alebo stykovú plochu pneumatiky,
- posudzuje brzdové a motorové systémy z hľadiska výkonu, chladiacej účinnosti a podobne,
- odhaľuje príčinu porúch motorov a diagnostikuje kvalitu pneumatík a ich montáže,
- snímanie teplotných polí zvodov výfuku pomocou termovízie.

1.6.1.1 Meranie teploty oleja

Skôr ako sa pristúpi k meraniu teploty oleja (S-EKA, Nitra) kontrolovaný motor musí byť zahriaty na prevádzkovú teplotu. Teplota oleja má byť 60 až 70°C. Kontroluje sa prístrojom, ktorého sonda sa vkladá do olejovej vane cez otvor pre mierku množstva oleja. Princíp snímača je obyčajne založený na zmene elektrického odporu vplyvom zmeny teploty prostredia, v ktorom je sonda umiestnená. Teplotu musí prístroj merať v rozsahu najmenej 50 až 100 °C s chybou max. $\pm 2,5$ °C. Rozlíšiteľnosť musí byť minimálne 2 °C.

Meranie teploty oleja pomocou sondy spočíva na priamom fyzickom kontakte sondy a meraného oleja. Týmto môžu vzniknúť nepresnosti merania, a to vplyvom nežiaducich činiteľov pôsobiacich pri meraní.

Presnejšie merania, a to bezdotykovým spôsobom, môžeme zabezpečiť použitím termovíznej kamery. Pomocou termovízneho merania môžeme presne určiť teplotu motorového oleja bez potreby zavádzania sondy do olejovej vane. Meranie možno vykonať jednou rukou a pre zabezpečenie presného merania nie je potrebné ani špeciálne školenie.

Stačí sa zamerať na cieľ merania, zaostriť a prístroj automaticky nastaví teplotný rozsah pre zobrazenie ostrého obrázku. Po stlačení spúšte sa obrázok uloží vrátane priradených údajov. Pomocou dodávaného softvéru sa môžu kľúčové parametre obrázku upravovať pre získanie optimálnej kvality.

1.6.1.2 Meranie teploty chladiacej kvapaliny. Prehrievanie motora. Termostat

Chladiace ústrojenstvo udržiava správnu prevádzkovú teplotu (Kulhánek, 1987) chladiacej kvapaliny, t.j. 80 až 90 °C, výnimočne aj okolo 100 °C. Prebytočné teplo odvádza do ovzdušia priamo alebo prostredníctvom kvapaliny. Podľa toho chladenie môže byť vzduchové (priame) alebo kvapalinové (nepriame).

Chladienie motorov zabezpečuje odvod prebytočného tepla, ktoré vzniká pri spaľovaní paliva vo valcoch a musí spĺňať tieto podmienky:

- zabezpečiť takú teplotu motora, ktorú znesú jeho jednotlivé celky,
- zabezpečiť motorovému oleju, aby vytváral súvislú olejovú vrstvu,
- udržať v určitých medziach kolísanie priemerných teplôt pri všetkých pracovných režimoch motora,
- zabezpečiť aby sa neprekročili najvyššie prípustné teploty stien.

Pre určenie poruchy prehrievania motora resp. poruchy chladienia, je potrebné najskôr diagnostikovať príčiny, ktoré sú časovo najviac náročné (Kulhánek, 1987). Jeden spôsob ako urýchliť tento proces, je zamerať sa na kritické komponenty.

Prehrievanie, ako vieme, môže mať mnoho rôznych príčin ako napr.: prilepený termostat, upchatý chladič, porucha chladiaceho ventilátora, nedostatok chladiacej kvapaliny atď., ale procesom eliminácie môžeme urýchliť zistenie príčin poruchy.

Jedna z mnohých príčin môže byť porucha termostatu. Funkcia termostatu je veľmi dôležitá, slúži na rýchle zahriatie motora a udržiava v ňom prevádzkovú teplotu nezávisle od vonkajšej teploty.

„Staromódny“ spôsob kontroly termostatu je vymontovanie termostatu z motora, ponoriť ho do vedra s horúcou vodou, a sledovať či sa otvorí. Väčšina technikov nemá na tento spôsob kontroly dostatok času, takže ak je dôvodné podozrenie, že termostat nepracuje správne, je ľahšie ho vymeniť za nový.

Lepší spôsob testovania termostatu je bezdotykové meranie pomocou termovízneho snímania povrchových teplôt. Bezdotykové meranie teploty pomocou termovíznej kamery sa nezakladá na priamom fyzickom kontakte, ale na snímaní vyžarovanej infračervenej energie, čo umožňuje dosiahnuť neovplyvnené a presné výsledky merania.

Pri studenom motore je termostat uzavretý a všetka kvapalina prúdi potrubím späť k čerpadlu. Pri dosiahnutí určitej teploty chladiacej kvapaliny 80 – 95 °C (vo výnimočných prípadoch 100 °C), sa termostat začína otvárať a prepúšťať časť kvapaliny potrubím do chladiča, v ktorom sa kvapalina prúdením vzduchu cez chladič ochladzuje.

Ak chceme skontrolovať správnu funkčnosť a otváranie termostatu, musíme motor zahriať na jeho prevádzkovú teplotu. Na termostate sa bude zvyšovať teplota v závislosti od zahrievania motora. Keď teplota chladiacej kvapaliny dosiahne približne hranicu 80 °C a viac, termostat sa naplno otvorí a teplota bude klesať.

Samotné merania termostatu, teda jeho zisťovania jeho správnej funkcie pomocou termovíznej kamery je jednoduché. Všetko čo treba urobiť, je zamerať sa na miesto merania a stlačiť spúšť. Na niektoré modely je k dispozícii aj vstavaný laserový zameriavač, ktorý nám umožní zamerať sa presne na miesto, ktoré chceme merať.

1.7 Súčasné termovízne systémy

Dnes je vo svete niekoľko spoločností, ktoré ponúkajú na našom trhu prostredníctvom vybraných firiem termovízne systémy a ponúkajú i rôzne druhy služieb s týmito systémami (Šimko, 2007), prípadne ich umožňujú prenajímať [napr. FLIR Systems (USA), Raytek (USA), AOMZ (Ruská republika), Minolta/Land (Anglicko) a pod.].



Obr. 1.10 Termokamera FLIR i50

(Zdroj: <http://www.flir-press.com/i-series/i-series-images.html>)

Medzi popredných svetových výrobcov infračervenej techniky patrí nadnárodná spoločnosť FLIR Systems (Forward Looking InfraRed – „Pokrokové infračervené“), ktorá je následníčkou spoločností firiem AGEMA Infrared Systems (skôr AGA),

Inframetrics a v poslednej dobe aj Indigo Systems. Táto firma má v súčasnej dobe niekoľko výrobných závodov v USA a jeden vo Švédsku a v súčasnosti zamestnáva viac než tisíc špecialistov na infračervenú techniku.

Hlavné (svetové) ústredie FLIR Systems Inc. je Portland, Oregon (USA), medzinárodné ústredie je v West Mailing, Kent (Veľká Británia) a pre európske operácie je poverená FLIR Systems AB (skôr AGEMA Infrared Systems AB), Danderyd (Švédsko). V Európe potom existujú ešte regionálne zastúpenia, ktoré sú v súčasnej dobe vo Veľkej Británii, Nemecku, Francúzsku a Taliansku.

Obchodným a servisným zastúpením FLIR Systems AB pre Českú republiku a Slovenskú republiku je TMV SS s.r.o. FLIR (spolupracujú s firmou Raytek a predávajú i niektoré ich výrobky). Má viac ako tridsaťročné skúsenosti s vývojom a výrobou termovíznych systémov používaných pri preventívnej údržbe, nedeštruktívnom testovaní, monitorovaní a automatizácii rôznych procesov, sledovaní strojov, kontrole kvality, vo výskume, vývoji a pod. Tieto niekoľkoročné skúsenosti firmy ale i poznatky, ktoré získala spätne od zákazníkov z celého sveta, sú zakomponované už v spomínaných procesoch, pričom sú zužitkované i pri vyhodnocovaní teplotných polí.

Uvedená spoločnosť neustále prichádza na trh s novými typmi kamier, ktoré sú v celom rade aspektov prielomom v termovíznej technike. Najmä technické parametre výrazne prevyšujú konkurenčné prístroje cenou, čím sa tieto systémy stali vynikajúcou voľbou pre bezkontaktné meranie a zobrazovanie teplôt (Šimko, 2007).

V súčasnej dobe možno ponúkajúcu techniku rozdeliť do dvoch základných kategórií:

- technika určená pre bezpečnostné aplikácie,
- technika určená na civilné použitie.

Systémy určené pre bezpečnostné aplikácie (Šimko, 2007) sú určené na sledovanie objektov prípadne cieľov na veľké vzdialenosti (pri týchto systémoch sa vo väčšine nerobí kvantitatívne vyhodnocovanie tepelných obrazov). Použitie nachádzajú hlavne v oblasti vojenských aplikácií a civilných bezpečnostných službách.

Systémy, v ktorých sa získané tepelné obrazy kvantitatívne vyhodnocujú (teda sa meria teplota), sú systémy určené pre civilnú aplikáciu. Ďalej sa budeme zaoberať iba týmito systémami.

Termografické systémy sa dajú ďalej všeobecne rozdeliť na dva typy:

- prenosné kamery (napr. firma FLIR ThermaCAM, rady E, P, S, B ale udáva i rad SC ako čiastočne prenosné),
- pevne zabudovateľné (stabilné) kamery (napr. firma FLIR ThermaCAM, rad A).

Termovíznou technikou je možné deliť podľa toho v akej oblasti infračerveného spektra pracuje.

V súčasnosti sú obvyčajne ponúkané systémy, ktoré pracujú v troch pásmach:

- v blízkej oblasti infračerveného spektra – NWIR (near wavelength infrared region, prípadne NIR – near infrared region), s vlnovými dĺžkami 0,75 μm až 3 μm ,
- v strednej oblasti infračerveného spektra – MWR (middle wavelength infrared region), s vlnovými dĺžkami 3 μm až 5 μm ,
- vo vzdialenej oblasti infračerveného spektra – LWIR (long wavelength infrared region), s vlnovými dĺžkami 5 μm až 15 μm .

Termovízne systémy sa delia ďalej podľa počtu obrazových prvkov (pixelov):

- 160 \times 120 bodov,
- 320 \times 240 bodov,
- pripravuje sa rozšírenie 640 \times 480 bodov.

Podľa detektora sa delia na:

- systémy s nechladenými mozaikovými mikrobolometrickými detektormi (160 \times 120 bodov alebo 320 \times 240 bodov),
- systémy s chladenými mozaikovými detektormi (napr. QWIP – Quantum Well Infrared Photodetector, 320 \times 240 bodov pripravuje sa rozšírenie ponuky o detektor 640 \times 480 bodov).

1.7.1 Prenosné termovízne systémy

Využitie prenosných termovíznych systémov je pri zisťovaní a sledovaní teplotných zmien na zariadeniach a pri pravidelných revíziách a kontrolách. Najmä v oblasti výroby a distribúcie elektrickej energie je termovízna diagnostika veľkým prínosom.

Ďalšou významnou oblasťou, ktorá v súčasnosti zaznamenáva výrazný rozvoj je termodiagnostika budov a objektov všeobecne. Pomerne veľmi využívané sú prenosné termovízne kamery pri diagnostike zariadení, na ktorých dochádza vzhľadom na ich činnosť ku zmenám teploty. Medzi takéto zariadenia patria napr. motory, prevodovky, ložiská a ďalšie množstvo mechanických strojov a zariadení, v ktorých môže vplyvom prehriatia dôjsť k jeho poškodeniu alebo priamo k zničeniu (výsledok je potom napr. dosiahnutie zníženia doby odstávok) (Šimko, 2007).

1.7.2 Stacionárne termovízne systémy

Nezanedbateľnou oblasťou využitia termovíznych systémov je ich použitie pri monitorovaní výrobných procesov a technologických zariadení prostredníctvom pevne (stabilne) zabudovaných. To umožňuje uvádzať v poslednej dobe na trh nové typy. Ide o systémy určené najmä na nepretržité meranie v reálnom čase on-line sledovania miest, kde je dôležitým kritériom teplota.

Teplota je pre pozorovateľa prínosom nielen pri riadení a kontrole technologických procesov a výrobných zariadení, ale tiež pri následnom dokumentovaní samotnej kvality výrobku (teplotné zmeny na mechanických systémoch automatizovaných liniek, napr. ako sú ložiská, motory a prevodovky a pod.).

Podobne môže mať význam kontrola určitých vybraných častí zariadení, prípadne jeho prvkov tam, kde môže dochádzať k nedovolenému zvyšovaniu teplôt či už z dôvodu nadmerného zaťaženia alebo poruchy.

Tieto kamery možno vďaka ich kompaktnej a otrasuvzdornej konštrukcii umiestniť takmer na všetkých, aj zvlášť ťažko prístupných miestach, kde je potrebné trvale sledovať povrchovú teplotu (Šimko, 2007).

2 Cieľ práce

Automobilovú diagnostiku môžeme definovať ako cieľený postup zisťovania technického stavu motorového vozidla, ktorý vedie k odhaleniu chyby na motorovom vozidle alebo k jeho nastaveniu či k zmenám konfigurácií jednotlivých zariadení. Jednou z dôležitých fyzikálnych veličín, ktorá charakterizuje technický stav zariadení a ich častí, je teplota. Za pomoci termovíznej kamery dokážeme zobrazit' teplotné polia povrchov, elektrických alebo mechanických objektov, ktorých činnosť je spojená s vývinom alebo absorpciou tepla behom prevádzky.

Cieľom tejto diplomovej práce je zhodnotiť možnosť využitia termovíznej techniky v technickej diagnostike automobilov.

Potrebné bude spracovať prehľad o súčasných trendoch technickej diagnostiky v automobilovej v praxi, využívanie infračervenej techniky v technickej diagnostike a využívanie termovízie v automobilovej diagnostike.

Výsledkom budú vykonané termovízne merania na benzínovom motore pomocou termovíznej kamery. Použitím termovíznej kamery budú taktiež diagnostikované časti benzínového motora. Merania budú vykonávané na vybraných častiach benzínového motora ktorými sú: termostat, λ sonda, elektrická inštalácia motorového vozidla a automobilový akumulátor.

Bude potrebné zhotoviť termogramy snímaných objektov a za pomoci príslušného softvéru ich analyzovať a vyhodnotiť.

Záver práce bude orientovaný na zhodnotenie a výsledky vykonaných meraní s cieľom návrhu možnosti využitia termovízie v automobilovej diagnostike.

3 Materiál a metódy

Na základe cieľa práce bola vypracovaná metodika práce, ktorá pozostáva z teoretickej a praktickej časti:

3.1 Teoretická časť

- Získanie informácií o súčasnom stave technickej a automobilovej diagnostiky v praxi, ich základné pojmy a definície, získanie informácií o využívaní infračervenej techniky v technickej diagnostike, informácie o termovízných systémov a ich práca s nimi,
- Spracovanie prehľadu o technickej a automobilovej diagnostike, termografii, infračervenej technike a termovízných systémoch, základný popis, rozdelenie a ich využitie v praxi,
- Štúdium metód technickej diagnostiky a možností ich uplatnenia pri diagnostikovaní spaľovacieho motora,
- Návrh možnosti využitia termovízie v oblasti diagnostiky spaľovacieho motora,
- Spracovania návrhu diagnostického postupu pri možnosti použitia termovíznej techniky v oblasti diagnostiky motora.

3.2 Praktická časť

- **Miesto merania:** Priestory školských dielní Technickej fakulty SPU v Nitre.
- **Objekt skúmania:**
 - Model benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi, zdvihový objem 1289 cm³, počet valcov 4, stupeň kompresie 8,8, čistý výkon 40 kW pri 5000 ot/min, točivý moment 94 Nm pri 3000 ot/min,
 - Termostat, λ sonda, elektrická inštalácia motorového vozidla, automobilový akumulátor.
- **Použité prístroje a zariadenia:**
 - Motortester Bosch FSA 740 – systém OBD (On Board Diagnostic) – tester pre analýzu systému vozidiel. Ručný prístroj s klávesnicou a displejom a špeciálnym diagnostickým softvérom. Zariadenie bolo prepojené s

motorom pomocou diagnostickej zásuvky. Pomocou systému OBD bola zisťovaná aktuálna teplota, otáčky motora a napätie na λ sonde.

- Termovízna kamera ThermoPro TP8s (technická špecifikácia uvedená v prílohe 4). Termovíznou kamerou boli vykonané merania skúmaného objektu a diagnostika motora.
- **Softvérové vybavenie:** Počítačový softvér Guide IrAnalyser® V1.7, pomocou ktorého bola vykonaná analýza nameraných statických termovízných snímok termovíznej kamery ThermoPro TP8s.

3.3 Charakteristika a technická špecifikácia použitých zariadení a meraných objektov

3.3.1 Model benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi

Uskutočnené merania boli vykonávané na modeli benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi, ktorý bol umiestnený na pohyblivom stojane.



Obr. 3.1 Model benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi

(Zdroj: Vlastné foto)

Tab. 1 Technické parametre motora Škoda Felícia 1,3 MPI

Zdvihový objem valcov	1289 cm ³
Počet valcov	4
Usporiadanie valcov	v rade šikmo uložené
Vrtanie × zdvih	75,5 × 72mm
Stupeň kompresie	8,8
Čistý výkon	40 kW pri 5000 ot/min.
Točivý moment	94 Nm pri 3000 ot/min.

3.3.2 Charakteristika meraných častí benzínového motora

Medzi časti spaľovacieho motora, ktoré boli predmetom nášho merania patrili: termostat, λ sonda, elektrická inštalácia vozidla a automobilový akumulátor.

3.3.2.1 Termostat

Termostat je zariadenie, ktoré reaguje na teplotu chladiacej kvapaliny, najčastejšie reguluje jej obeh. Zabezpečuje vhodnú prevádzkovú teplotu pre hospodárnu prevádzku motora.

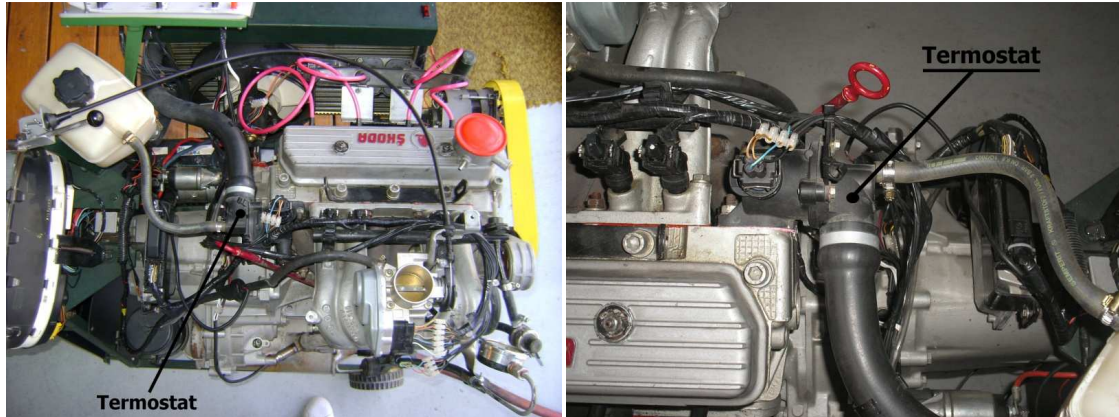


Obr. 3.2 Termostat a schéma termostatu

(Zdroj: <http://i46.tinypic.com/m7s4g2.jpg>)

Termostat umožňuje aj po spustení studeného motora obmedziť funkciu chladienia a rýchle dosiahnuť vhodnú prevádzkovú teplotu motora.

Termostat, ktorý bol predmetom nášho merania, bol umiestnený na modeli benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi, na ktorom boli vykonávané merania (viď obr. 3.3).



Obr. 3.3 Termostat na modeli benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi

(Zdroj: Vlastné foto)

3.3.2.2 Lambda sonda

V súčasných systémoch vstrekovania paliva zážihových motorov hrá dôležitú úlohu tzv. λ sonda – snímač obsahu kyslíka vo výfukových plynoch. Jej úlohou je dodať riadiacej jednotke informáciu o spaľovaní paliva. Ide o elektrochemický člen, ktorý na základe chemickej reakcie vytvára elektrický signál.



Obr. 3.4 Lambda sonda BOSCH

(Zdroj: <http://img47.imageshack.us/img47/1121/largesondalambda02jh4.jpg>)

Predmetom nášho merania bola aj λ sonda, ktorá sa taktiež nachádzala na modeli benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi, kde na obr. 3.5 možno vidieť jej umiestenie pred katalyzátorom.



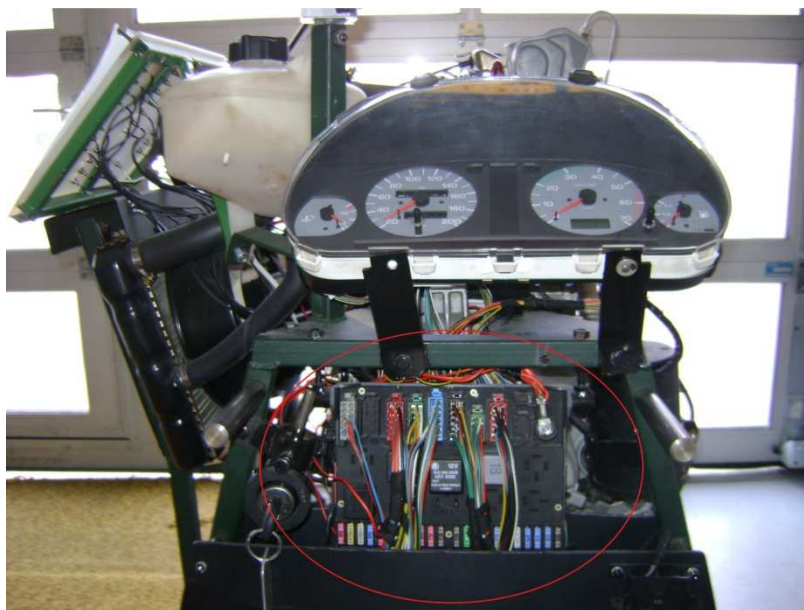
Obr. 3.5 Lambda sonda na modeli benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi

(Zdroj: Vlastné foto)

3.3.2.3 Elektrická inštalácia motorového vozidla

Elektrická inštalácia vo vozidlách je riešená ako jedнопólová, kde druhý vodič obvodu tvorí kostra, t.j. všetky kovové časti stroja. V elektrickom zariadení motorových vozidiel sa bežne používa jednosmerný elektrický prúd, najčastejšie s napätím 12 V, výnimočne 24 V alebo 6 V.

Na modeli nášho motora sme merali teplotu zahrievania elektrickej inštalácie pri prevádzkovej teplote motora.

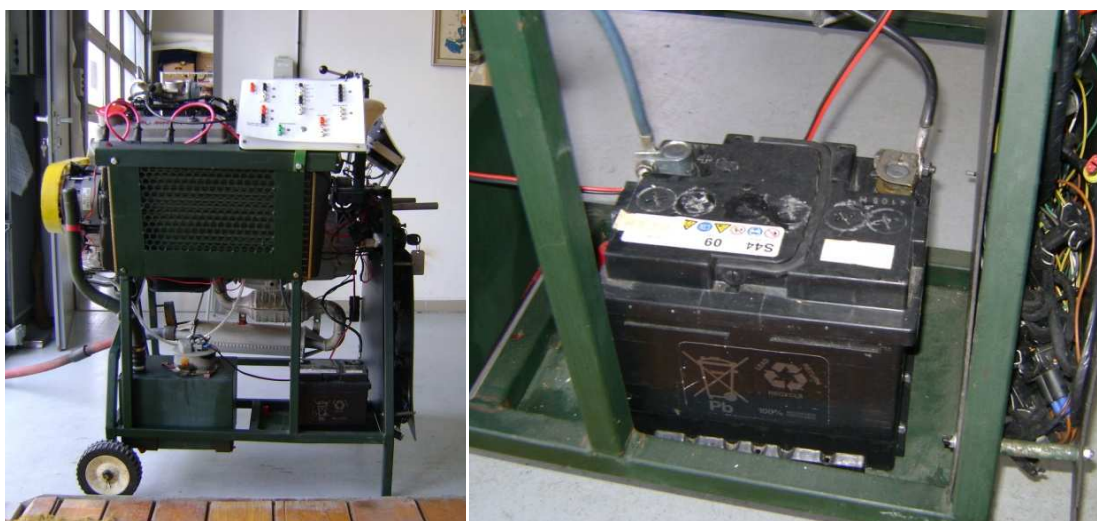


Obr. 3.6 Elektrická inštalácia vozidla na modeli benzínového motora

(Zdroj: Vlastné foto)

3.3.2.4 Automobilový akumulátor

Automobilový akumulátor dodáva elektrickú energiu do automobilu.



Obr. 3.7 Automobilový akumulátor na modeli benzínového motora

(Zdroj: Vlastné foto)

3.3.3 Motortester Bosch FSA 740

Motortester Bosch FSA 740 obsahuje všetky potrebné komponenty sústredené do prístrojového vozíka. Nachádza sa v ňom počítač s parametrami vyladenými pre optimálny chod všetkých používaných programov a pripojených periférií, tlačiareň, myš, klávesnica, diaľkové ovládanie.



Obr. 3.8 Motortester Bosch FSA 740

(Zdroj: Vlastné foto)

Možno ho dovybaviť modulom KTS 530/570 pre komunikáciu s riadiacimi jednotkami, analyzátorom výfukových plynov zážihových motorov a opacimetrom pre meranie dymivosti vznetových motorov.

Tab. 2 Technické parametre meracieho zariadenia Bosch FSA 740

Popis a jednotka	Hodnota
Rozmery (v × š × h), [mm]	1785 × 680 × 670
Hmotnosť, [kg]	89
Napájanie, [V] / Frekvencia, [Hz]	90 – 264 / 47 – 63
Prevádzková teplota, [°C]	5 – 40

3.3.4 Termovízna kamera ThermoPro TP8s

Termovízna kamera je ľahké prenosné zariadenie s kvantitatívnym meraním teploty. Pracuje v infračervenej oblasti elektromagnetického spektra a umožňuje bezdotykové meranie teploty na povrchu meraného objektu.



Obr. 3.9 ThermoPro TP8s

(Zdroj: Vlastné foto)

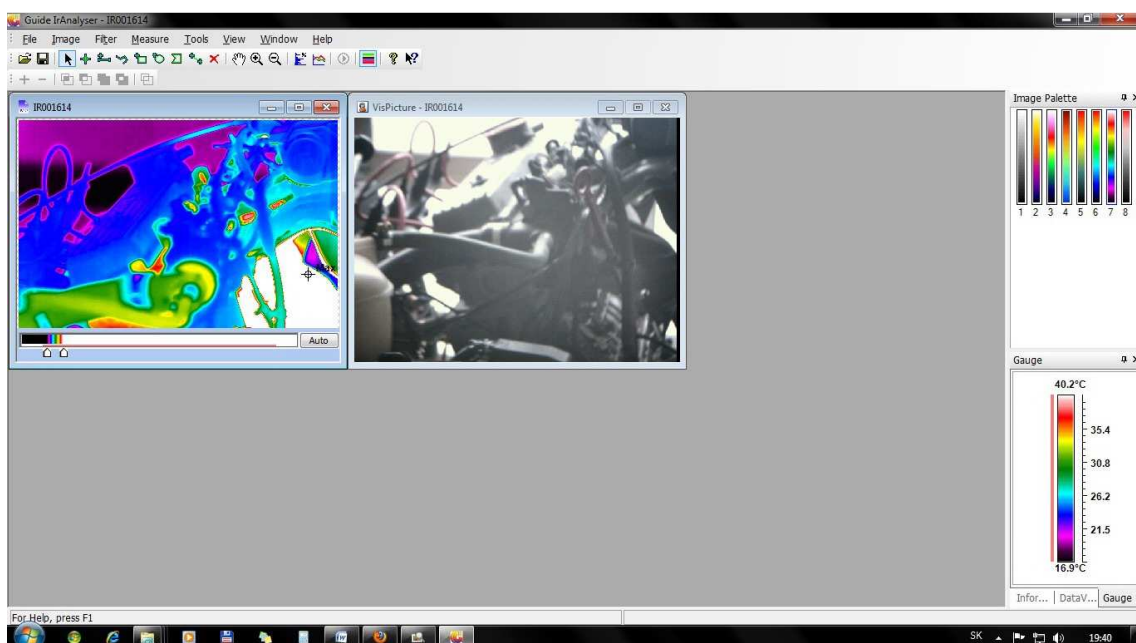
Termovízna kamera ThermoPro TP8s je inteligentná, komplexne vybavená a avantgardná (pokroková, progresívna) termovízna kamera patriaca do svetovej špičky.

Je vybavená kolekciou unikátnych vlastností a integruje v sebe rôzne nové technológie. Užívateľovi umožňuje pracovať maximálne efektne a s vysokou produktivitou. Je uložená v odolnom, kompaktnom horčíkovom tele. Technická špecifikácia termovíznej kamery ThermoPro TP8s je uvedená v prílohe 4.

3.3.5 Softvér pre analýzu termovíznych snímok Guide IrAnalyser® V1.7

Pomocou softvéru Guide IrAnalyser V1.7 sme vykonávali analýzu získaných termovíznych snímok z termovíznej kamery ThermoPro TP8s. Tento program pracuje so základným Windows rozhraním, kde po jeho spustení sa zobrazí na pracovnej lište Windows. Základné pracovné prostredie tohto softvéru môžeme vidieť na obr. 3.10.

Základné roletové menu nám umožňovalo pracovať so získanými termovíznymi snímkami efektívne a rýchlo. Pozostávalo z týchto častí: súbor, obrázok, filter, opatrenia, nástroje, zobrazit', okná a pomoc. Po rozbalení menu sme mali možnosť pracovať s viacerými nástrojmi, ktoré nám slúžili na úpravu termovíznych snímok a na vykonávanie ich kompletnej analýzy.



Obr. 3.10 Softvér Guide IrAnalyser V1.7 a analýza termovíznej snímky

(Zdroj: Vlastné foto)

V softvéri Guide IrAnalyser sme mohli vidieť a analyzovať namerané termovízne snímky vo forme termogramov, kde bolo možné vidieť aj ich vizuálny obraz.

Po vykonanej analýze a úprave termovíznej snímky vrátane vykonaní všetkých potrebných analýz, sme si pomocou softvéru, zhotovili diagnostickú správu analyzovanej snímky, ktorá obsahovala všetky potrebné informácie analyzovania a merania objektu (viď príloha 6).

3.4 Meranie a základné nastavenie parametrov termovíznej kamery ThermoPro TP8s

3.4.1 Meranie termovíznou kamerou ThermoPro TP8s

Termovízna kamera bola počas merania umiestnená na statickom stojane v stabilnej polohe, čím sa zabránilo jej nežiaducemu pohybu pri zhotovovaní termovíznych snímok.

Samotné meranie termovíznou kamerou si vyžaduje plne kvalifikovanú obsluhu spôsobilú na výkon tejto činnosti.

Ovládanie kamery bolo zabezpečené prostredníctvom intuitívneho dotykového displeja, diaľkovým ovládačom alebo páčkovým ovládačom. Základné parametre, ako napr. vlhkosť vzduchu, hornú a dolnú medzu teplotného rozsahu, emisivitu a teplotu okolia sme do termovíznej kamery zadávali pomocou dotykového displeja. Na zadávanie údajov do termovíznej kamery prostredníctvom displeja nám slúžilo dotykové pero. Termovízne snímky boli zhotovované prostredníctvom diaľkového ovládača pripojeného k termokamere.

3.4.2 Nastavenie parametrov

Pred samotným meraním bolo nevyhnutné termovíznou kameru nastaviť a zadať do nej základné parametre, ktoré boli potrebné na získanie kvalitnej snímky meraného objektu. Parametre, ktoré sme nastavovali boli: parametre analýzy obrazu, parametre merania, systémové parametre a parametre doplnkových funkcií. Medzi parametre merania patrili: hodnota korekcie emisivity prostredia, relatívna vlhkosť prostredia, vzdialenosť od meraného objektu a aktuálna teplota okolia. Presné výsledky merania a stabilitu meraného obrazu nám zabezpečila automatická kalibrácia.

Potrebné parametre sme si nastavili v ponuke hlavného menu termovíznej kamery na karte „Parameter“. Nastavenie sa realizovali na dotykovom LCD displeji prostredníctvom dotykového pera kamery.

V tejto skupine hlavného menu sú usporiadané rôzne parametre termokamery. Sú rozdelené do kategórií, každá z nich je zastúpená grafickou ikonou.

Do menu sa vstupuje kliknutím dotykového pera na ikonu „Guide“, ktorá je umiestnená v pravom hornom rohu displeja alebo za pomoci páčkového ovládača. V skupine „Parameter“ sú usporiadané ikony kategórií podľa obr. 3.11.

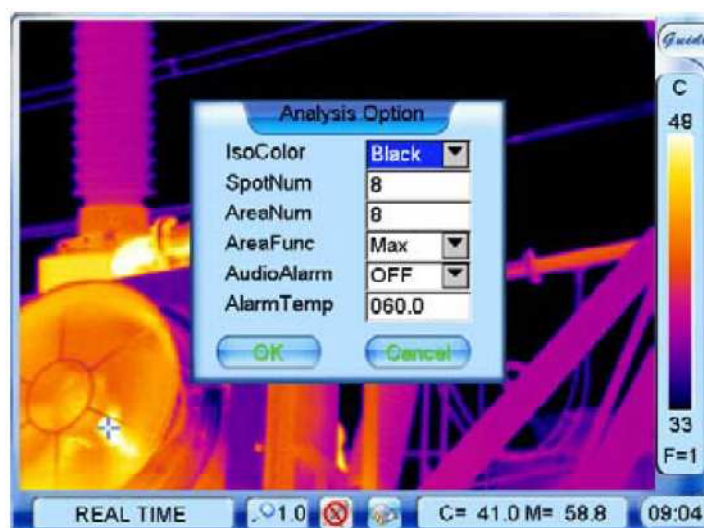


Obr. 3.11 Menu nastavenie parametrov (Parameter)

(Zdroj: Termovízna kamera TP8s, Návod na použitie)

3.4.2.1 Nastavenie parametrov analýzy

Po zvolení tejto kategórie sa zobrazí dialógové okno so záznamom jednotlivých parametrov spolu s ich aktuálnymi hodnotami.



Obr. 3.12 Nastavenie parametrov analýzy

(Zdroj: Termovízna kamera TP8s, Návod na použitie)

Na karte „Analysis Option“, nastavenie parametrov analýzy, sme si zmenili len parameter „AlarmTemp“, čo je nastavenie hraničnej teploty sledovanej scény. Túto hodnotu sme pre konkrétny skúmaný objekt menili samostatne. Ostatné údaje zostávajú nezmenené.

3.4.2.2 Nastavenie parametrov merania

Pre zobrazenie a zmeny hodnoty parametrov sa postupuje podľa popisu pre kategóriu nastavenie parametrov analýzy, uvedenom vyššie. Po zvolení tejto kategórie sa zobrazí dialógové okno so zoznamom jednotlivých parametrov spolu s ich aktuálnymi hodnotami.



Obr. 3.13 Nastavenie parametrov merania

(Zdroj: Termovízna kamera TP8s, Návod na použitie)

Na karte „Target Option“, nastavenie parametrov merania, nastavujeme hodnotu korekcie emisivity prostredia „Emiss“ (pozri tab. typických emisivity v prílohe 5), relatívnu vlhkosť prostredia, kde sa meranie vykonáva „RelHum“, vzdialenosť od meraného objektu „Distance“ a aktuálnu teplotu okolia „Tamb“ (hodnota sa len zobrazí, nedá sa meniť).

Hodnotu korekcie emisivity prostredia sme si nastavili na hodnotu 0,85 (Grafit / Tuha), kde túto hodnotu sme si zvolili podľa tabuľky typických hodnôt emisivity termovíznej kamery ThermoPro TP8s (viď príloha 5).

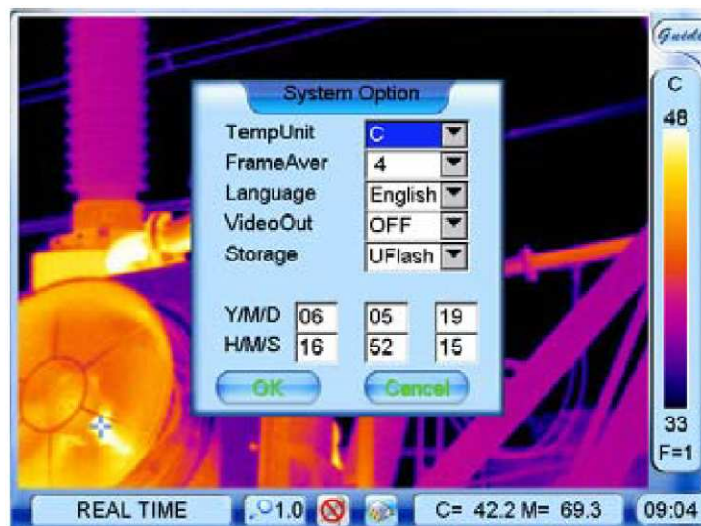
Relatívnu vlhkosť prostredia, kde sa meranie vykonávalo sme určili pomocou vlhkomeru, ktorý sa nachádzal v dielni, kde hodnota nameranej vlhkosti bola 50 %.

Vzdialenosť od meraného objektu sme nastavili na hodnotu 1 m, čo bola vzdialenosť kamery od skúmaného objektu nášho merania.

Aktuálna teplota okolia sa len zobrazí, nedá sa zmeniť. Jej hodnota bola + 22 °C.

3.4.2.3 Nastavenie systémových parametrov

Pre zobrazenie a zmeny hodnoty parametrov sa postupuje podľa popisu pre kategóriu nastavenie parametrov analýzy, uvedenom vyššie. Po zvolení tejto kategórie sa zobrazí dialógové okno so zoznamom jednotlivých parametrov spolu s ich aktuálnymi hodnotami.



Obr. 3.14 Nastavenie systémových parametrov

(Zdroj: Termovízna kamera TP8s, Návod na použitie)

Na karte „System Option“, nastavenie systémových parametrov, sme si nastavili parameter „TempUnit“, voľba teplotnej mierky, na Celzius a parametre aktuálneho dátumu a času merania. Ostatné parametre na tejto karte zostali nezmenené.

3.4.2.4 Nastavenie teplotného rozsahu merania

Štandardný rozsah termovíznej kamery TehrmoPro TP8s je -20 °C až $+600\text{ °C}$. Je rozdelený do dvoch pásiem – filtrov. Dolné pásmo je určené pre meranie v rozsahu teplôt -20 °C až $+250\text{ °C}$, horné pásmo pre teploty od $+200\text{ °C}$ po $+600\text{ °C}$.

Meranie termovíznou kamerou bolo vykonávané v manuálnom režime, kde jas a kontrast bol závislý od hraničných hodnôt T_{\min} a T_{\max} nastavených obsluhou.

Hornú a dolnú medzu teplotného rozsahu sme si pre konkrétny meraný objekt nastavili samostatne. Podľa zistenej pracovnej teploty termostatu sme si HM teplotného rozsahu pre termostat nastavili na $+120\text{ °C}$ a DM teplotného rozsahu na $+16\text{ °C}$. Taktiež sme si zistili aj prevádzkovú teplotu λ sondy a tiež teplotu pri ktorej sa aktivuje.

Pri klasickej λ sonde sa jej prevádzková teplota pohybuje v rozmedzí teplôt $+600\text{ °C}$ až $+700\text{ °C}$, kde teplota pri ktorej sa uvedie do činnosti sa pohybuje v rozmedzí od $+300\text{ °C}$ do $+350\text{ °C}$, pri aktívnej je táto hodnota približne $+500\text{ °C}$. Jej maximálna teplota nesmie presiahnuť hodnotu $+900\text{ °C}$. Podľa zistených údajov sme si hornú medzu pre λ sondu nastavili na $+800\text{ °C}$ a dolnú medzu na $+20\text{ °C}$.

Pri snímaní elektrickej inštalácie motora a akumulátora sme si HM teplotného rozsahu nastavili na $+200\text{ °C}$ a DM na $+20\text{ °C}$.

Po zadaní všetkých parametrov a nastavení termovíznej kamery, sme mohli pristúpiť k samotnému meraniu skúmaného objektu.

4 Výsledky práce

Využitie termovízie v diagnostike motorových vozidiel a realizovanie samotných meraní pomocou termovíznej kamery, bolo možné vykonávať na tých častiach motorového vozidla, ktoré pri svojej činnosti vykazujú určitú pracovnú teplotu. Medzi tieto objekty motorového vozidla, ktoré sa pri svojej činnosti zahrievajú na prevádzkovú teplotu, môžeme zaradiť aj spaľovací motor automobilov. Spaľovací motor motorového vozidla, ako celok, je zložený z viacerých funkčných častí, ktoré sú potrebné pre správnu činnosť celého motora. Preto nie je možné, aby sme pomocou termovíznej kamery vykonávali diagnostiku celého motora, ale je nutné sa zamerať len na jeho konkrétnu časť, a následne na nej prevádzať príslušné merania.

Medzi časti spaľovacieho motora, ktoré sa pri svojej činnosti zahrievajú a vykazujú určitú teplotu patria aj: termostat, λ sonda, elektrická inštalácia motora, automobilový akumulátor a iné, kde na týchto častiach motora som vykonával aj merania, čo bolo cieľom mojej diplomovej práce.

Samotné merania, ktoré boli vykonávané pomocou profesionálnej termovíznej kamery ThermoPro TP8s, prebiehali v dielňach Technickej fakulty Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Pomocou motortestéru Bosch FSA 740 sme merali teplotu nášho modelu benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi, podľa ktorej sme následne zhotovovali termovízne snímky konkrétneho meraného objektu. Motortestér sme využívali aj na meranie napätí na λ sonde.

Merania boli uskutočnené v dopoludňajších hodinách, v zimnom období za denného svetla bez potreby umelého osvetlenia.

Pri meraní bol model benzínového motora vhodne umiestnený tak, aby sme zamedzili vplyv slnečného žiarenia na snímané plochy, čím boli dosiahnuté správne podmienky na pozorovanie tepelného obrazu.

Prostredie, v ktorom bolo vykonávané meranie, nepresahovalo predpísané pracovné teploty pri práci s termovíznou kamerou, čím bolo zabezpečené dosiahnutie spoľahlivých výsledkov.

Relatívnu vlhkosť prostredia, ktorá patrila aj medzi parametre nastavenia termovíznej kamery, sme určili pomocou vlhkomeru nachádzajúceho sa v dielni, kde hodnota nameranej vlhkosti bola 50 %.

4.1 Všeobecný pracovný postup diagnostikovania benzínového motora pomocou termovízie

- Príprava modelu benzínového motora – kontrola základných častí motora (kontrola paliva, autobatérie), vhodné umiestnenie modelu motora mimo dosah slnečného žiarenia (pre dosiahnutie kvalitného obrazu termovíznych snímok),
- Pripojenie diagnostického zariadenia k meranému objektu (v našom prípade model benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi) pomocou diagnostickej zásuvky OBD,
- Umiestnenie termovíznej kamery na statickom stojane do vzdialenosti 1 m od meraného objektu – meraný objekt: termostat, λ sonda, elektrická inštalácia motora, akumulátor (vzdialenosť sa môže líšiť v závislosti od typu termovíznej kamery),
- Nastavenie základných parametrov termovíznej kamery, potrebných pre správne meranie, ktorými sú: relatívna vlhkosť vzduchu, vzdialenosť, emisivita, teplota okolia, horná a dolná medza teplotného rozsahu,
- Kalibrácia termovíznej kamery pred zhotovením prvej snímky – automatická – zabezpečenie stabilných a presných výsledkov merania,
- Uvedenie motora do prevádzky (naštartovanie motora), sledovanie teploty, otáčok motora a napätia na λ sonde, pomocou pripojeného diagnostického zariadenia,
- Na základe stúpajúcej teploty motora, zhotovovať pomocou termovíznej kamery termogramy meraných objektov: termostatu, λ sondy, elektrickej inštalácie motora a automobilového akumulátora,
- Termovízne snímky meraných objektov zhotovovať pri prevádzkovej teplote motora 80 °C až 100 °C,
- Získané termovízne snímky, pomocou pamäťovej karty termovíznej kamery, uložiť do PC,
- Zhotovené termovízne snímky, uložené v PC, analyzovať za pomoci počítačového softvéru (v našom prípade počítačový softvér Guide IrAnalyser® V1.7),

- Po následnom spracovaní a vykonaní analýzy termovíznych snímok počítačovým softvérom, zhotoviť diagnostické správy všetky meraných častí motora,
- Pomocou diagnostickej správy meraných objektov a vykonanej analýzy termovíznych snímok, spracovať získané informácie,
- Na základe vykonaných meraní, zhodnotiť, posúdiť a vysloviť závery pre všetky merané časti motora,
- Navrhnuť možnosti využitia termovízie v oblasti diagnostiky spaľovacieho motora.

4.2 Zisťovanie technického stavu automobilového termostatu pomocou termovízie na základe merania teploty chladiacej kvapaliny

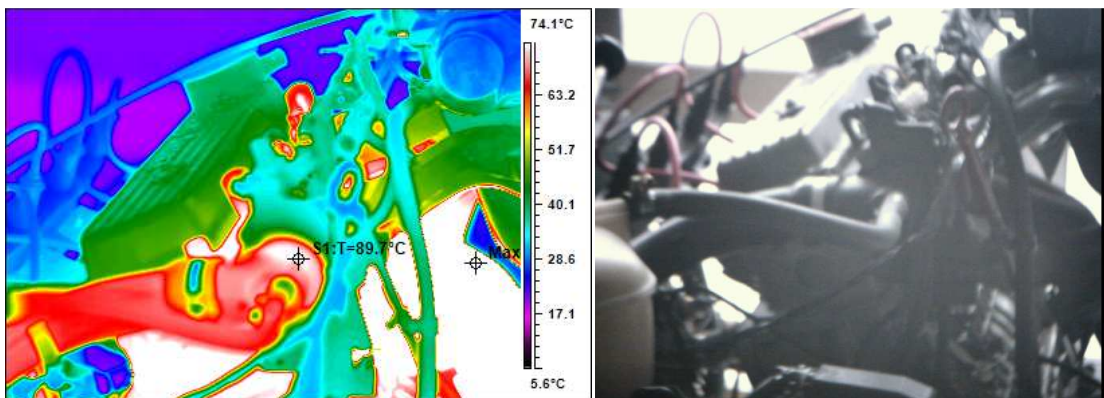
4.2.1 Technologický postup merania

- príprava pracoviska, zariadení a meradiel:
 - príprava modelu benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi, termovíznej kamery a motortestéru,
- nastavenie základných parametrov termovíznej kamery – nastavenie parametrov analýzy, parametrov merania, nastavenie systémových parametrov a nastavenie teplotného rozsahu merania,
- zvoliť si teplotný interval, podľa ktorého sa budú zhotovovať termovízne snímky – termovízne snímky boli zhotovované po každých 10 °C zahrievania motora,
- kalibrácia termovíznej kamery zhotovením prvej snímky ešte nezahriateho motora – automatická kalibrácia – zabezpečenie stabilných a presných výsledkov merania,
- uskutočnenie samotných meraní zhotovovaním termovíznych snímok,
- termovízne snímky zhotovovať až po maximálnu prevádzkovú teplotu motora,
- pomocou diagnostického protokolu meraného objektu a vykonanej analýzy termovíznych snímok, spracovať získané informácie a posúdiť správnu funkčnosť termostatu.

Dôležité pre nás bolo sledovať maximálnu teplotu chladiacej kvapaliny, prechádzajúcej termostatom, kde postupným zahrievaním motora jej teplota stúpala. Úlohou termostatu je regulovať teplotu motora pomocou chladiacej kvapaliny, a tým zabráňovať jeho prehriatiu. Pri narastaní teploty motora sa termostat otvára a prepúšťa chladiacu kvapalinu do celého jeho obehu chladiacej sústavy motora. Chladiaca kvapalina prechádza chladičom motora, kde je ochladzovaná, a následne sa vracia späť do obehu, kde takto ochladená kvapalina potom zabráňuje prehriatiu motora.

Pomocou termovíznej kamery sme sledovali povrchovú teplotu chladiacej kvapaliny prechádzajúcej termostatom a následne zhotovovali termovízne snímky, až po maximálnu prevádzkovú teplotu motora (90 – 100 °C).

Funkčnosť termostatu bola overená tým, že pri maximálnej prevádzkovej teplote motora (90 – 100 °C), teplota chladiacej kvapaliny prechádzajúcej termostatom, ktorú sme namerali pomocou termovíznej kamery, bola 89,7 °C (viď obr. 4.1).



Obr. 4.1 Termogram a vizuálny obraz termostatu so zobrazením teplôt

(Zdroj: Vlastné foto)

Nameraná teplota chladiacej kvapaliny, prechádzajúca termostatom, zodpovedala prevádzkovej teplote motora, čím bolo zabezpečené jeho chladenie. Pri nesprávnej činnosti termostatu alebo pri jeho zlom stave, by teplota chladiacej kvapaliny, úmerne stúpala s teplotou motora. Došlo by k prehriatiu motora a tým k poruche motorového vozidla. Termostat v poruchovom stave by neprepúšťal chladiacu kvapalinu do chladiacej sústavy motora, čím by narastala jej teplota.

Ku každej analyzovanej termovíznej snímke bolo možné pomocou diagnostickej správy zobrazit' aj základné informácie ohľadom zhotovenia termovíznej snímky, ktoré môžeme vidieť v tab. 3.

Tab. 3 Základné informácie zhotoveného termogramu

Názov súboru	IR001619
Čas vytvorenia súboru	Utorok, December 07, 2010 9:33:20 AM
Emisivita	0.98
Teplota okolia	22.3 °C
Vzdialenosť	1.0m
Max. teplota	250.5 °C
Min. teplota	14.3 °C
Hlasový komentár	nie

4.2.2 Vyhodnotenie nameraných údajov

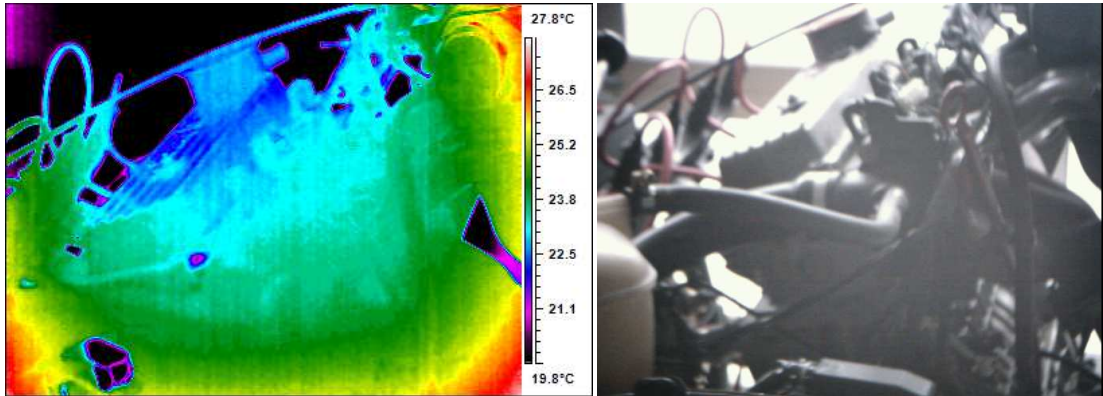
Namerané údaje sme spracovali do tabuľky (viď tab. 4).

Tab. 4 Namerané údaje pri meraní termostatu

Základné údaje merania termostatu		
<i>Meraný objekt:</i> Škoda Felícia 1,3 MPi, termostat		<i>Emisivita:</i> 0,85 (grafit, tuha)
<i>Vlhkosť:</i> 50 %	<i>Vzdialenosť:</i> 1 m	<i>Teplota okolia:</i> + 21 °C až + 22 °C
Teplotný rozsah merania		
<i>Horná medza:</i> + 120 °C		<i>Dolná medza:</i> + 16 °C
Zhotovené termovízne snímky a teplota motora		
<i>Názov snímky</i>	<i>Teplota motora</i>	<i>Poznámky</i>
IR001612	+ 23 °C	Kalibrácia termokamery
IR001613	+ 30 °C	Otváranie termostatu pri 32 °C
IR001614	+ 40 °C	
IR001615	+ 50 °C	Vypnutie sitiča pri 54 °C
IR001616	+ 60 °C	
IR001617	+ 70 °C	
IR001618	+ 80 °C	
IR001619	+ 95 °C	Maximálna teplota
IR001620	+ 80 °C	Vypnutie motora, ochladzovanie
IR001621	+ 70 °C	
IR001622	+ 60 °C	
IR001623	+ 50 °C	

Ku každej termovíznej snímke bol zhotovený aj vizuálny obraz meraného objektu (viď obr. 4.2). Všetky termovízne snímky môžeme vidieť v prílohe 7.

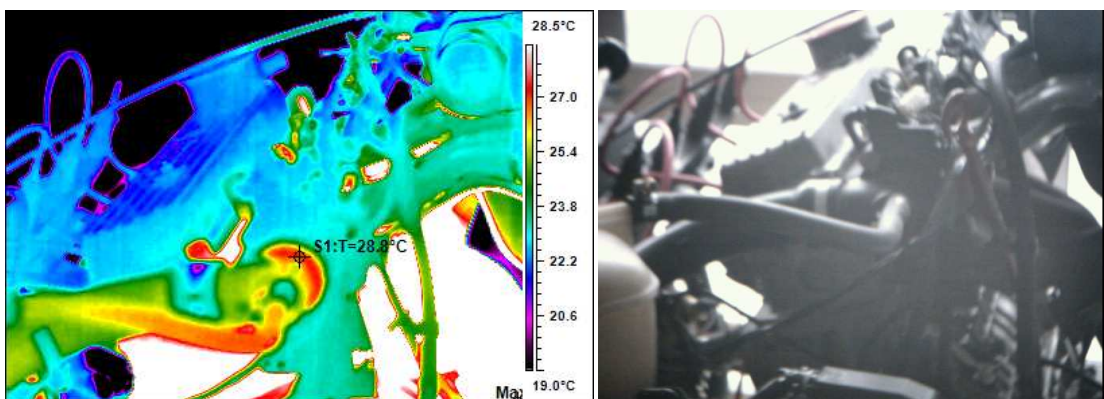
Zhotovenie termovíznej snímky ešte pred kalibráciou termovíznej kamery môžeme vidieť na obr. 4.2.



Obr. 4.2 Termogram a vizuálny obraz snímaného objektu – termostat (kalibrácia termovíznej kamery)

(Zdroj: Vlastné foto)

Otváranie termostatu je možné vidieť na obr. 4.3 aj so zobrazením jeho teploty v bode S1 = + 28,8 °C. Pri jeho otváraní bolo možné počuť akoby prepnutie spínača (cvaknutie).



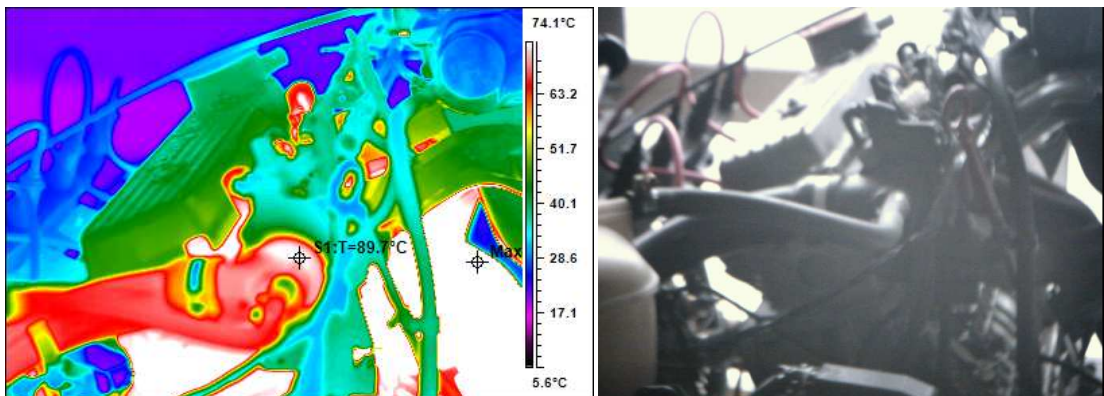
Obr. 4.3 Termovízna snímka otvorenia termostatu

(Zdroj: Vlastné foto)

Ďalšie overenie otvorenia termostatu sme vykonali dotykom chladiacej hadice vychádzajúcej z termostatu, kde bolo cítiť intenzívny prechod chladiacej kvapaliny cez hadicu.

Teplota otvárania termostatu je približne pri teplote chladiacej kvapaliny 30 °C. Plne otvorenie sa prejaví až pri maximálnej prevádzkovej teplote motora čo je 90 – 100 °C.

Pre určenie dobrého resp. zlého technického stavu automobilového termostatu, bolo potrebné zhotoviť snímku až pri maximálnej prevádzkovej teplote motora. Maximálne nameraná teplota bola 95 °C. Na základe maximálnej teploty motora sme zhotovili termovíznu snímku termostatu a ním prechádzajúcej chladiacej kvapaliny (viď. obr. 4.4).



Obr. 4.4 Infračervená snímka termostatu pri max. prevádzkovej teplote motora

(Zdroj: Vlastné foto)

Na termograme je možné vidieť v bode S1 teplotu termostatu a chladiacej kvapaliny pri maximálnej prevádzkovej teplote meraného benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi. Nameraná teplota v bode S1 bola 89,7 °C, čo približne zodpovedá prevádzkovej teplote motora. Tým bolo zabezpečené jeho dostatočné chladenie.

4.3 Zisťovanie technického stavu λ sondy pomocou termovízie

4.3.1 Technologický postup merania

- príprava pracoviska, zariadení a meradiel:
 - príprava modelu benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi, termovíznej kamery a motortestéru,

- nastavenie základných parametrov termovíznej kamery – nastavenie parametrov analýzy, parametrov merania, nastavenie systémových parametrov a nastavenie teplotného rozsahu merania,
- kalibrácia termovíznej kamery zhotovením prvej snímky ešte nezahriateho motora – automatická kalibrácia – zabezpečenie stabilných a presných výsledkov merania,
- uvedenie motora do prevádzky (naštartovanie),
- nastaviť otáčky motora na 2000 ot/min (otáčky motora pri zisťovaní technického stavu λ sondy, musia byť vyššie ako 1200 ot/min od voľnobežných),
- uskutočnenie samotných meraní zhotovovaním termovíznych snímok,
- sledovanie teplôt a otáčok motora motortestérom Bosch FSA 740,
- sledovanie napätia na λ sonde pomocou motortestéru Bosch FSA 740,
- pomocou diagnostického protokolu meraného objektu a vykonanej analýzy termovíznych snímok, spracovať získané informácie a posúdiť správnu funkčnosť λ sondy.

4.3.2 Diagnostika a vyhodnotenie nameraných údajov λ sondy pomocou termovízie a príslušného softvéru

Namerané údaje sme spracovali do tabuľky (viď tab. 5).

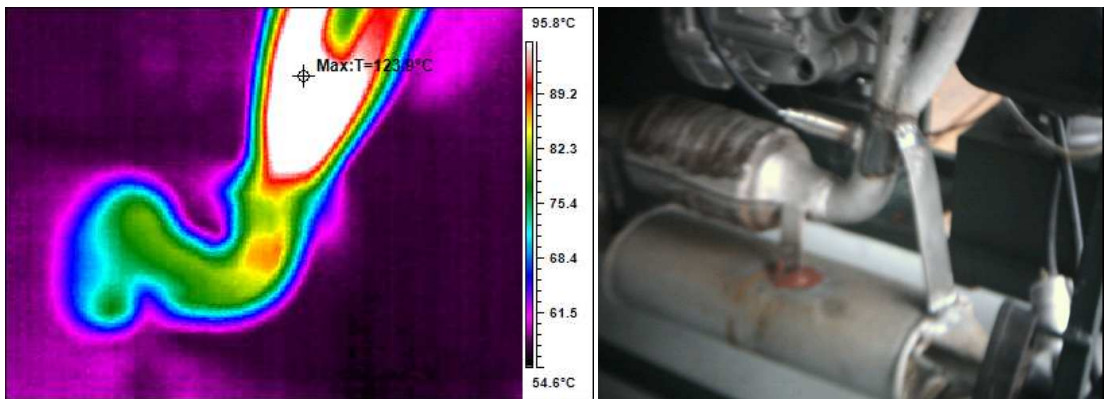
Tab. 5 Namerané hodnoty na λ sonde

Čas t [min]	Snímka IR	Teplota λ sondy [°C]	Teplota chladiacej kvapaliny [°C]	Napätie λ sondy [V]
Otáčky motora: 2000 ot/min				
2	IR001844	106,8	34	0,449
12	IR001846	175,5	63	0,626
17	IR001848	249,0	95	0,783

Pomocou termovíznej kamery sme snímali povrchovú teplotu λ sondy. Snímky boli zhotovené na základe zvyšujúcej sa teploty motora nami zvolenom časovom intervale. Otáčky motora boli nastavené na 2000 ot/min.

Motortestér Bosch FSA 740 slúžil na meranie výstupného napätia λ sondy, ktorý bol k motoru pripojený prostredníctvom diagnostickej zásuvky, pomocou ktorej sme získali namerané údaje z λ sondy do počítača.

Na obrázku 4.5 je možné vidieť zhotovenú termovízu snímku termovíznej kamery ešte pred jej nastavením a kalibráciou.

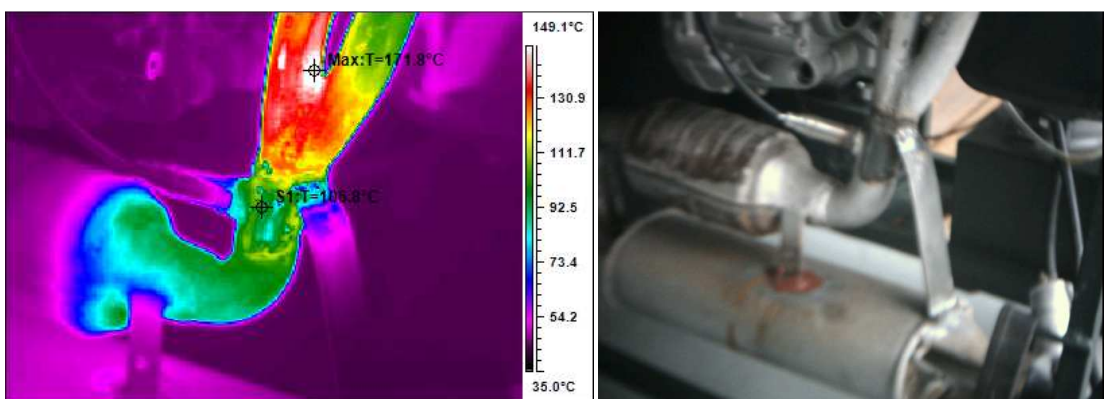


Obr. 4.5 Termogram a jeho vizuálny obraz λ sondy – kalibrácia termokamery

(Zdroj: Vlastné foto)

Na pravej strane termogramu môžeme vidieť teplotnú stupnicu, kde ku každej farbe je pridelená príslušná teplota zodpovedajúca infračervenému spektru.

Prvá snímka bola zhotovená pri teplote motora 34 °C a pri nastavených otáčkach motora na 2000 ot/min (viď obr. 4.6).



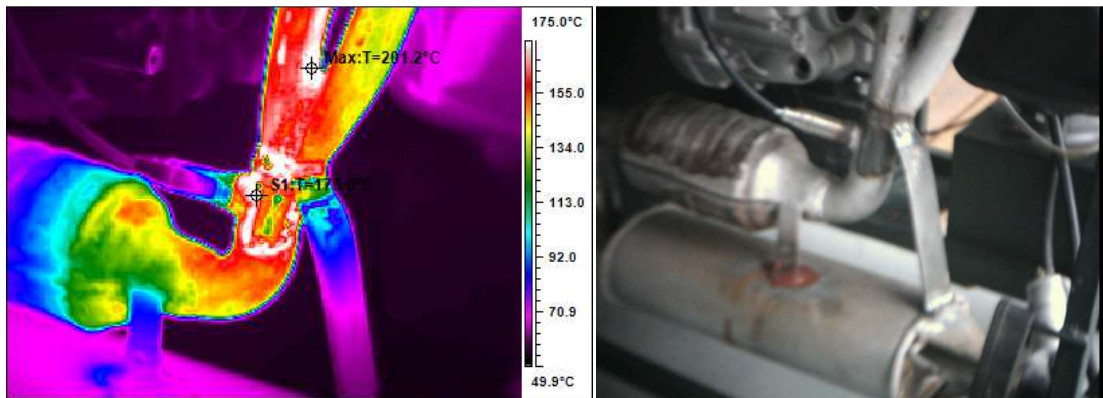
Obr. 4.6 Termovízna snímka a jej vizuálny obraz λ sondy pri teplote motora 34°C

(Zdroj: Vlastné foto)

Zhotovený termogram bol zosnímaný už v druhej minúte naštartovaného motora. Napätie na λ sonde sa pohybovalo pri hodnote 0,449 V.

Pomocou softvéru Guide IrAnalyser V1.7 sme zhotovený termogram analyzovali a zobrazili sme si teplotu v bode S1 = 106,8 °C a maximálnu nameranú teplotu na meranom objekte, T = 171,8 °C. Teplota nameraná v bode S1, je povrchová teplota λ sondy.

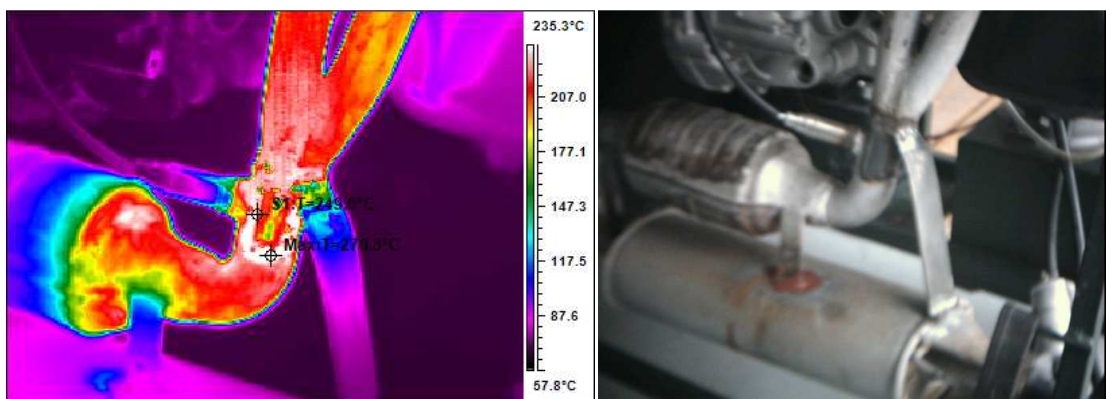
Na obr. 4.7 je vidieť zhotovenú termovíznú snímku λ sondy pri teplote motora 63 °C a otáčkach 2000 ot/min. Teplota nameraná na λ sonde bola 175,5 °C (bod S1). Napätie na λ sonde sa ustálilo na hodnote 0,626 V.



Obr. 4.7 Termovízná snímka a jej vizuálny obraz λ sondy pri teplote motora 63°C

(Zdroj: Vlastné foto)

Pri teplote 63 °C, čo je teplota vyššia ako 40 °C, môže λ - regulácia už naplno pracovať. Posúdiť to môžeme aj na základe odmeraného napätia 0,626 V, kde je vidieť, že napätie namerané pri teplote 63 °C je vyššie ako pri teplote 34 °C, ktoré sa blíži k hodnote 1, čo je optimálna hodnota pri λ - regulácii.



Obr. 4.8 Termovízná snímka a jej vizuálny obraz λ sondy pri teplote motora 95°C

(Zdroj: Vlastné foto)

Posledná termovízna snímka bola zhotovená pri max. prevádzkovej teplote motora 95 °C a pri otáčkach 2000 ot/min, čo môžeme vidieť na obrázku 4.8.

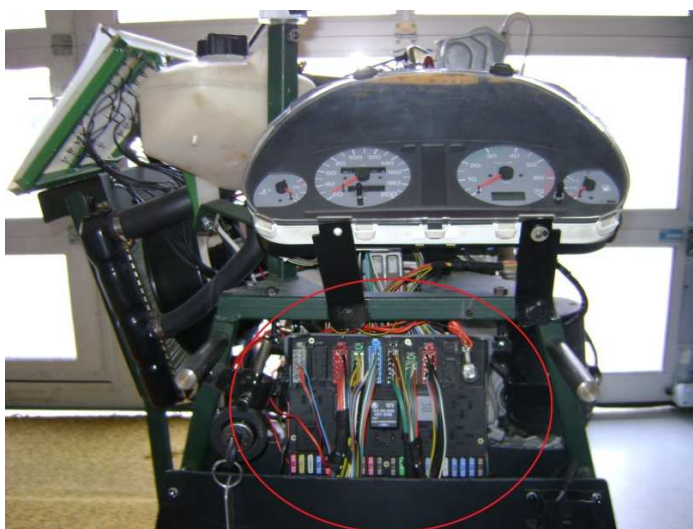
Pri max. prevádzkovej teplote motora 95 °C bola teplota λ sondy v bode S1 = 249,0 °C. Maximálna teplota nameraná v okolí λ sondy bola 270,3 °C. Napätie namerané na výstupe λ sondy bolo 0,783 V.

Z nameraných údajov vyplýva, že postupným zahrievaním motora až na jeho prevádzkovú teplotu 95 °C, a tým aj zahrievaním samotnej λ sondy, sa blížíme k jej optimálnej regulácii. To má za následok zníženie počtu emisií vo výfukových plynch a tým aj menšiu spotrebu paliva.

4.4 Ďalšie možnosti využitia termovízie v diagnostike automobilov

4.4.1 Elektrická inštalácia motorového vozidla

Pomocou termovíznej kamery ThermoPro TP8s sme sledovali povrchovú teplotu vodičov elektrickej inštalácie motorového vozidla, na modeli benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi (viď obr. 4.9).

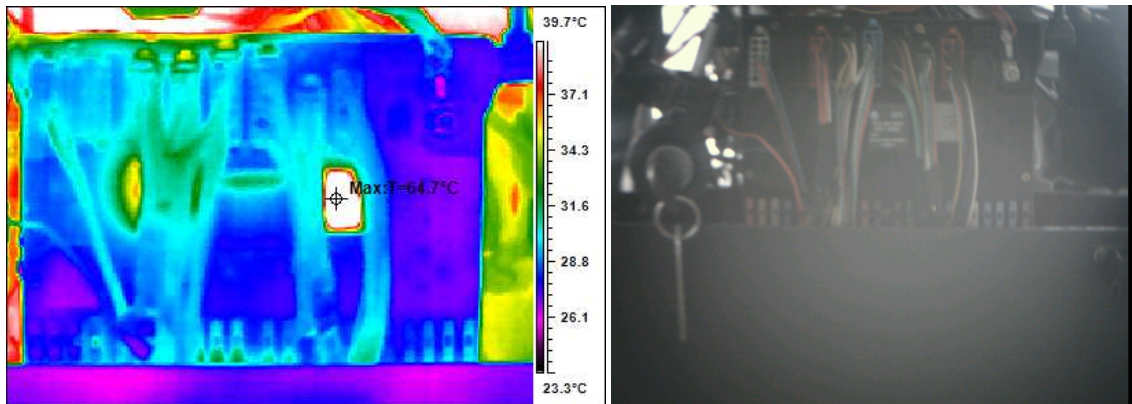


Obr. 4.9 Elektrická inštalácia na modeli benzínového motora

(Zdroj: Vlastné foto)

Meranie prebiehalo pri prevádzkovej teplote motora 95 °C. Termovíznou kamerou sme snímali povrchové teploty elektrickej inštalácie benzínového motora a následne sme si zhotovili termogramy meraného objektu.

Zhotovené termogramy sme analyzovali pomocou počítačového softvéru Guide IrAnalyser V1.7, kde sme si určili maximálnu teplotu elektrickej inštalácie.



Obr. 4.10 Termogram a vizuálna snímka elektrickej inštalácie benzínového motora
(Zdroj: Vlastné foto)

Na zhotovenom termograme (viď obr. 4.10) môžeme vidieť prehrievanie súčiastky, ktorej teplota dosiahla max. hodnotu na meranom objekte, čo je 64,7 °C. Môže to byť signál pre poruchu danej súčiastky, ktorá môže zapríčiniť nefunkčnosť celého systému, a tým poruchu motorového vozidla.

4.4.2 Automobilový akumulátor

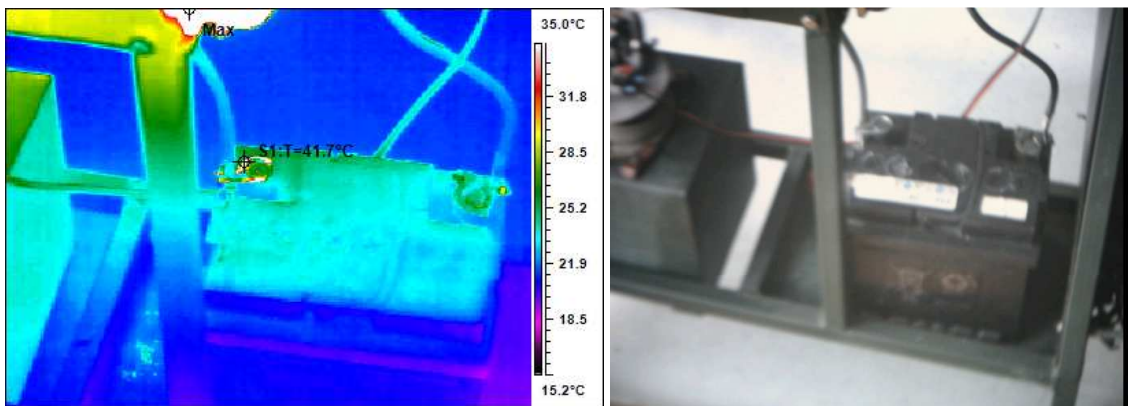
Pomocou termovíznej kamery teda dokážeme zosnímať teplo, ktoré vzniká medzi svorkami a pólovými vývodmi akumulátora.



Obr. 4.11 Model benzínového motora a automobilový akumulátor

(Zdroj: Vlastné foto)

Na zhotovenom termograme (viď obr. 4.12) automobilového akumulátora, môžeme vidieť zahrievanie pólových vývodov. Teplota bode S1, ktorá bola 41,7 °C, mohla vzniknúť v dôsledku slabo dotiahnutých kontaktov alebo na pólových vývodoch mohla vzniknúť oxidácia z výparov akumulátorových článkov, čo spôsobuje zhoršenie vedenia prúdu. Okrem iného mohlo dôjsť aj ku korózii svoriek akumulátora.



Obr. 4.12 Termogram akumulátora na modeli benzínového motora

(Zdroj: Vlastné foto)

Na základe zhotovených termogramov a vykonanej analýzy, môžeme prijať potrebné opatrenia na zabránenie vzniku nožnej poruchy.

5 Diskusia

Cieľom mojej diplomovej práce bolo zhodnotiť možnosti využívania termovíznej techniky v diagnostike motorových vozidiel. Merania boli vykonané na benzínovom motore Škoda Felícia 1,3 MPI, pomocou termovíznej kamery, výsledkom čoho boli zhotovené termovízne snímky (termogramy) meraných objektov. Pomocou zhotovených termogramov, sme mohli vykonať diagnostiku motorového vozidla a jeho častí.

Snímaním povrchovej teploty meraného objektu, sme pomocou termovíznej kamery dokázali zistiť maximálnu teplotu termostatu a ním prechádzajúcej chladiacej kvapaliny, ktorá bola 89,7 °C. Posúdenie dobrého resp. zlého technického stavu termostatu, bolo určené tým, že pri maximálnej prevádzkovej teplote motora, čo je približne 90 – 100 °C, bola teplota chladiacej kvapaliny nameraná na termostate 89,7 °C, čím bolo zabezpečené dostatočné chladenie motora. Teplota chladiacej kvapaliny, pri maximálnej prevádzkovej teplote motora, neprekročila prevádzkovú teplotu 95 °C, teda termostat plnil svoju funkciu. Pri plnom otvorení termostatu prechádza kvapalina chladiacim potrubím do motorového chladiča, kde je ochladzovaná vzduchom a následne, takto ochladená sa privádza späť do motora, čím je zabezpečené chladenie. Pri nesprávnej činnosti termostatu alebo pri jeho zlom technickom stave, by teplota chladiacej kvapaliny úmerne stúpala s teplotou motora. Došlo by k jeho prehriatiu a tým k poruche motorového vozidla. Termostat v poruchovom stave by neprepúšťal ochladenú chladiacu kvapalinu do chladiacej sústavy motora, čím by narástla jej teplota a presiahla by hranicu maximálnej prevádzkovej teploty motora 100 °C.

Pomocou termovíznej kamery sme merali aj povrchovú teplotu λ sondy, pri ktorej sa aktivuje alebo zahajuje svoju činnosť. Lambda regulácia môže naplno pracovať až od teploty motora asi 40 °C. Na základe nastavených otáčok motora 2000 ot/min, sme pomocou motortestéru Bosch FSA 740 sledovali teplotu zahrievania motora, až po jeho max. prevádzkovú teplotu, ktorá bola 95 °C. Takisto sme odmerali aj výstupné napätie na λ sonde, ktoré bolo potrebné zistiť, aby bolo možné určiť správnu funkčnosť λ sondy.

Zo zhotovených termogramov merania λ sondy je možné vidieť, že pri teplote motora 34 °C bola povrchová teplota λ sondy 106,8 °C. Na základe zistenej teploty, môžeme usúdiť, že pri teplote motora 34 °C λ sonda ešte nie je zahriata na svoju prevádzkovú teplotu, resp. teplotu pri ktorej sa uvádza do činnosti, a tým nemôže byť naplno zabezpečená potrebná λ regulácia. Teplota, pri ktorej sa aktivuje činnosť λ sondy, je približne 300 °C. Na základe odmeraného napätia na λ sonde, ktoré bolo 0,449 V môžeme usúdiť, že v zmesi je prebytok paliva, teda ide o bohatú zmes. Tým sa vo výfukových plynch produkuje nadmerné množstvo uhlíkov a oxidu uhoľnatého. Na základe odmeraného napätia možno usúdiť, že λ sonda pracuje, ale nie je zabezpečená jej optimálna regulácia zmesi paliva s kyslíkom. Z toho vyplýva, že nie je optimálne regulované časovanie ventilov, pričom emisie výfukových plynov produkujú bohatšiu zmes, a tým nastáva aj vyššia spotreba paliva. Studený motor vyžaduje bohatšiu zápalnú zmes a preto λ - regulácia môže naplno pracovať až pri teplote vyššej ako 40 °C. So zvyšujúcou sa teplotou motora stúpala aj teplota nameraná na λ sonde a taktiež sa menilo aj výstupné napätie λ sondy.

Pri teplote 106,8 °C bolo napätie na λ sonde 0,449 V, kde pri teplote λ sondy 175,5 °C sa napätie zvýšilo na hodnotu 0,626 V.

Pri max. prevádzkovej teplote motora 95 °C, bola teplota nameraná na λ sonde 249,0 °C, čo bola teplota v bode S1. Napätie namerané na výstupe z λ sondy, sa ustálilo na hodnote 0,783 V a to pri maximálnej prevádzkovej teplote motora. Tým môžeme povedať, že snímaná λ sonda zabezpečuje vhodný pomer zmesi kyslíka s palivom, a tým aj prijateľnú hodnotu oxidu uhoľnatého vo výfukových plynch.

Z nameraných údajov je zrejmé, že pri zvyšujúcej sa teplote λ sondy sa mení aj jej výstupné napätie, ktorým je regulovaná činnosť ventilov pri vstrekaní paliva. Zmenou výstupného napätia na λ sonde, a jeho postupným sa zvyšovaním, môžeme povedať, že λ sonda je v činnosti a plní svoju funkciu.

Ďalšie možnosti využívania termovízie v diagnostike automobilov sme preukázali aj zisťovaním novej poruchy na elektrickej inštalácii vozidla a pri snímaní automobilového akumulátora.

Na zhotovenom termograme elektrickej inštalácie motorového vozidla, bolo možné vidieť prehrievanie súčiastky, ktorej teplota dosiahla max. hodnotu na meranom objekte 64,7 °C. To môže byť signál pre poruchu danej súčiastky, ktorá môže zapríčiniť nefunkčnosť celého systému, a tým poruchu motorového vozidla.

Posledné meranie sme uskutočnili na akumulátore, zhotovením termovíznych snímok pólových vývodov akumulátora, snímaním ich povrchovej teploty. Bola zistená zvýšená teplota v bode S1 = 41,7 °C. Zvýšená teplota mohla vzniknúť v dôsledku slabo dotiahnutých svoriek akumulátora alebo na pólových vývodoch mohla vzniknúť oxidácia z výparov akumulátorových článkov, čo spôsobuje zhoršenie vedenia prúdu. Okrem iného mohlo dôjsť aj ku korózii svoriek akumulátora. Tým by mohlo dôjsť k poruche automobilu, a to výpadkom elektrického prúdu v motorovom vozidle.

Za pomoci termovíznej kamery, snímaním vyžarovaného infračerveného žiarenia meraného objektu, môžeme teda bezdemontážnym spôsobom zistiť a včasne zabrániť vzniku možných porúch objektov, teda tých častí motorového vozidla, ktoré pri svojej činnosti zahrievajú a vykazujú určitú teplotu. Pomocou termovízie teda včasne dokážeme odhaliť prípadnú poruchu a zabrániť jej vzniknutiu.

6 Návrh na využitie výsledkov

Výsledkom mojej diplomovej práce bolo preukázať možnosti využitia termovíznej techniky v automobilovej diagnostike.

V dôsledku nespočetných možností využitia termovízie pri diagnostike motorových vozidiel, bola moja diplomová práca zameraná len na jednu funkčnú skupinu motorového vozidla, a svojim spôsobom aj najdôležitejšiu, čím je motor.

Termovízna kamera sníma vyžarované infračervené žiarenie snímaných objektov, teda povrchovú teplotu meraných objektov. Medzi tieto objekty resp. časti benzínového motora, ktorými sme sa zaoberali vo výsledkoch tejto diplomovej práce, patrili: termostat, λ sonda, elektrická inštalácia motorového vozidla a automobilový akumulátor.

Automobilový termostat reaguje na teplotu chladiacej kvapaliny a tým je uvedený do činnosti. Tak isto aj činnosť λ sondy sa aktivuje od určitej teploty, ktorú je potrebné dosiahnuť, aby bola dosiahnutá potrebná λ regulácia. Teploty, pri ktorých tieto zariadenia pracujú, môžeme snímať pomocou termovíznej kamery, a následne pomocou zhotovených termogramov vykonať ich analýzu a posúdiť či sú z technického hľadiska spôsobilé pre svoju činnosť.

Pri elektrickej inštalácii motorového vozidla sme snímali teplotu prehrievania sa kontaktov alebo súčiastok elektrického obvodu. Pomocou termovízie sme dokázali určiť miesto s najväčšou teplotou v elektrickom obvode motorového vozidla, čo mohlo viesť k poruche danej súčiastky.

Snímanie teplôt na automobilovom akumulátore bolo zamerané na pólové vývody akumulátora. Na zhotovenom termograme, bolo možné vidieť zvýšenú teplotu na jednom pólovom vývode, čo mohlo byť zapríčinené nedotiahnutím svoriek na vývodoch alebo zoxidovanými plôškami medzi pólovým vývodom a svorkou.

Využitie termovíznej techniky pri diagnostike motorových vozidiel predstavuje širokú škálu možností. Pomocou termovízie dokážeme vykonať diagnostiku motorového vozidla bezdemontážne, čo je výhodou oproti starším metódam diagnostikovania.

Merania termovízou nie sú časovo náročné, a ak si odmyslíme cenu za termokameru, tak meranie môžeme považovať aj za lacné.

Jednou z výhod termovízie, pri meraní teplôt je tá, že pri termovíznom meraní sa meranie vykonáva bezdotykovo, kde u iných spôsoboch merania je pre uskutočnenie merania potrebný dotyk meracej sondy s meraným objektom. Tým dochádza u starších spôsoboch merania teplôt k získaniu nepresných hodnôt, kde pri termovíznom meraní to môžeme vylúčiť.

V súčasnej dobe využívanie termovíznej techniky v automobilovej diagnostike nie až tak zaužívané, ale postupne sa termovízia dostáva do popredia a to svojou širokou škálou využitia v automobilovej diagnostike.

Záver

Diplomová práca sa zaoberá možnosťou využitia termovíznej techniky v diagnostike motorových vozidiel. V práci sú rozsiahle popísané všeobecné možnosti diagnostikovania motorových vozidiel, ich rozdelenie, postupy a metódy, diagnostické prostriedky a zariadenia, ktoré sú potrebné na výkon diagnostiky.

Jednou z dôležitých fyzikálnych veličín, ktorá charakterizuje technický stav motorových vozidiel, je teplota. Meranie teploty dotykovými metódami je niekedy veľmi náročné a z hľadiska dotyku meracej sondy so skúmaným objektom, sú tieto metódy niekedy aj nemožné.

V časti výsledky práce sú uvedené všetky dosiahnuté výsledky, ktoré boli získané počas merania. Pomocou termovíznej kamery sme snímali povrchovú teplotu termostatu, λ sondy, elektrickej inštalácie vozidla a pólové vývody akumulátora.

Teplota chladiacej kvapaliny prechádzajúcej termostatom, zosnímaná termovíznou kamerou, bola 89,7 °C. Pri tejto teplote chladiacej kvapaliny, bolo zabezpečené optimálne chladenie motora pri jeho prevádzkovej teplote. Pri diagnostikovaní λ sondy pomocou termovízie, boli zhotovené termovízne snímky meraného objektu. Teplota λ sondy bola 249 °C a napätie sa ustálilo na hodnote 0,783 V, čím bol zabezpečený optimálny pomer zmesi benzínu s kyslíkom. Pomocou termovíznej kamery sme zosníмали aj povrchovú teplotu elektrickej inštalácie motora, čím sme určili miesta, so zvýšenou povrchovou teplotou. Na zhotovenom termograme akumulátora bolo možné na pólových vývodoch sledovať, miesta so zvýšenou teplotou, čo mohlo byť zapríčinené koróziou alebo oxidáciou.

Termodiagnostika je pomerne mladá vedná disciplína zaoberajúca sa snímaním povrchový teplôt meraných objektov, kde jej prínos v technickej aj v automobilovej diagnostike bol už mnohokrát overený, pričom táto diagnostika je nenahraditeľná alebo len veľmi málo nahraditeľná inými diagnostickými metódami.

Zoznam použitej literatúry

1. ČUPERA, J. - ŠTĚRBA, P. 2007. *Automobily 7 Diagnostika motorových vozidiel I.* Brno : Avid, 2007. ISBN 978-80-903671-9-7.
2. FERENC, B. 2009. *Spalovací motory.* Bratislava : Computer Press, 2009. 388 s. ISBN 9788025125458.
3. FREIWALD, A. 2004. *Diagnostika a opravy automobilov 1.* Žilina : Žilinská univerzita, 2004. 275 s. ISBN 8080702675.
4. FREIWALD, A. 2005. *Diagnostika a opravy automobilov 2.* Žilina : Žilinská univerzita, 2005. 399 s. ISBN 8080704236.
5. FUKÁTKO, T. 2007. *Detekce měření různých druhů záření.* Praha : BEN – technická literatúra, 2007. 1. vyd. 192 s. ISBN 978-80-7300-193-3.
6. HELLIER, CH. J. 2001. *Thermal Infrared Testing.* In: *handbook of Nondestructive Evaluation.* New York : McGraw-Hill, 2001. ISBN 0-07-028121-1.
7. HELEBRANT, F. et al. 2008. *Technická diagnostika a spolehlivost – V. Termografie.* Ostrava : VŠB – TU, 2008. 1. vyd. 69 s. ISBN 978-80-248-1942-6.
8. HOREJŠ, K. - MOTEJL, V. et al. 2009. *Příručka pro řidiče a opraváře automobilu.* 4.vyd. Brno : Littera, 2009. 392 s. ISBN 978-80-85763-52-2.
9. JAN, Z. et al. 2003. *Automobily I.* Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2003. 266 s. ISBN 8072042629.
10. JAN, Z. - ŽDÁNSKÝ, B. 2004. *Automobily 2.* Brno : Avid, 2004. 133 s.
11. JAN, Z. - ŽDÁNSKÝ, B. 2006. *Automobily 1.* Brno : Avid, 2006. 211 s. ISBN 8090367135.
12. JENČÍK, J. – VOLF, J. a kol. 2003. *Technická měření.* Praha : ČVUT, 2003. 1. vyd. 212 s. ISBN 80-01-02138-6.
13. JAN, Z. - ŽDÁNSKÝ, B. 2006. *Automobily 3.* Brno : Avid, 2006. 165 s. ISBN 8090367119.
14. KOVÁČ, M. 2008. *TERMOVÍZIA v lekárskej praxi.* Bratislava : VEDA, 2008. ISBN 978-80-224-0963-6.
15. KRAUSS, M., et al. 2006. *LimoLIT – Licht-modulierte Lock-in-Thermografie zur Solarzellenprüfung.* In: *Technischen Messen,* 2006. ISSN 0171-8096.
16. KREIDL, M. 2005. *Měření teploty.* Praha : BEN, 2005. 239 s. ISBN 8073001454.

17. KREIDL, M. - ŠMÍD, R. 2006. Technická diagnostika. Praha : BEN, 2006. 406 s. ISBN 80-7300-158-6.
18. LYSENKO, V. 2005. Detektory pro bezdotykové měření teplot. Praha : BEN, 2005. 153 s. ISBN 8073001802.
19. MĚŘÍČÍ A DIAGNOSTICKÁ TECHNIKA. 2010 [online] [cit. 2010-10-23]. Dostupné na internete:
<<http://www.tmvss.cz/Aplikace/Termovize/prumysl.html>>.
20. MALDAGUE, X. P. V. 2001. Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive testing. New York : Wiley, 2001. ISBN 0-471-18190-0.
21. OGURČÁKOVÁ, A. 2003. Technická diagnostika - metody a využití v praxi. In Transfer inovací [online]. 2003, [cit. 2010-08-25]. Dostupné na internete:
<<http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/6-2003/pdf/88-90.pdf>>.
22. PAPOUŠEK, M. 1976. Diagnostika spalovacích motorů. Praha : SNTL, 1976. 208 s. L 13-B2-IV-31/22357.
23. PAPOUŠEK, M. - ŠTĚRBA, P. 2007. Diagnostika spalovacích motorů. Bratislava : Computer Press, 2007. 223 s. ISBN 8025116975.
24. PILÁRIK, M. – PABST, J. 2000. Automobily I. Praha : Informatorium, 2000. ISBN 80-86073-63-7.
25. PILÁRIK, M. – PABST, J. 2000. Automobily II. Praha : Informatorium, 2000. ISBN 80-86073-64-5.
26. PILÁRIK, M. 1997. Automobily. 7. vyd. Bratislava : Alfa plus, 1997. 327 s. ISBN 80-88816-15-7.
27. PILÁRIK, M. - PABST, J. 2006. Automobily II. 2. vyd. Praha : Informatorium, 2006. 163 s.
28. PILÁRIK, M. – PABST, J. 2005. Automobily I. 2. vyd. Praha : Informatorium, 2005. 192 s. ISBN 8073330350.
29. PILÁRIK, M. – PABST, J. 2005. Automobily III. 2. vyd. Praha : Informatorium, 2005. 176 s. ISBN 8073330415.
30. POŠTA, J. et al. 2000. Opravárenství a diagnostika I. Praha : Informatorium, 2000. 145 s. ISBN 8086073602.
31. POŠTA, J. et al. 2002. Opravárenství a diagnostika II. Praha : Informatorium, 2002. 183 s. ISBN 8086073882.

32. POŠTA, J. et al. 2003. Opravárenství a diagnostika III. Praha : Informatorium, 2003. 187 s. ISBN 88073330172.
33. POŠTA, J. et al. 2008. Opravárenství a diagnostika I. 2. vyd. Praha : Informatorium, 2008. 154 s. ISBN 9788073330583.
34. POŠTA, J. et al. 2008. Opravárenství a diagnostika II. 2. vyd. Praha : Informatorium, 2008. 186 s. ISBN 9788073330668.
35. SPICER, J. M. – OSIANDER, R. 2002. Active Thermography. In: Nondestructive Evaluation: Theory, Techniques, and Applications. New York : Marcel Dekker, 2002. ISBN 0-8247-8872-9.
36. ŠIMKO, M. - CHUPÁČ, M. 2007. Termovízia a jej využitie v praxi. Žilina : Žilinská univerzita, 2007. 110 s. ISBN 978-80-8070-654-8.
37. ŠIMKO, M. – CHUPÁČ, M. 2006. Aplikáčné možnosti termovízie v praxi. In ELEKTRO, odborný časopis pre elektroniku [online]. 2006. [cit. 2010-10-19]. Dostupné na internete:
<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26599>.
38. TERMOGRAFIA. 2010 [online]. 2005, [cit. 2011-02-27]. Dostupné na internete:
<http://www.termografia.sk/sk/termografia.php?menu=applications&application_name=p_automobilovy_priemysel>.
39. TERMOKAMERA. 2010 [online] [cit. 2010-24-11]. Dostupné na internete:
<<http://www.termokamera.sk/>>.
40. VLK, F. 2005. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. 2. vyd. Brno : Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2005. 576 s. ISBN 8023937170.
41. VLK, F. 2005. Lexikon moderní automobilové techniky. Brno : Nakladatelství a vydavatelství VLK, 2005. 344 s. ISBN 8023954164.
42. ZWESCHPER, T., et al. 2003. Lockin Thermography Methods for the NDT of CFRP Aircraft Components. In NDT.net. [online]. 2003, Vol.8, No. 2. [cit. 2011-01-08]. Dostupné na internete:
<<http://www.ndt.net/article/ecndt02/249/249.htm>>.

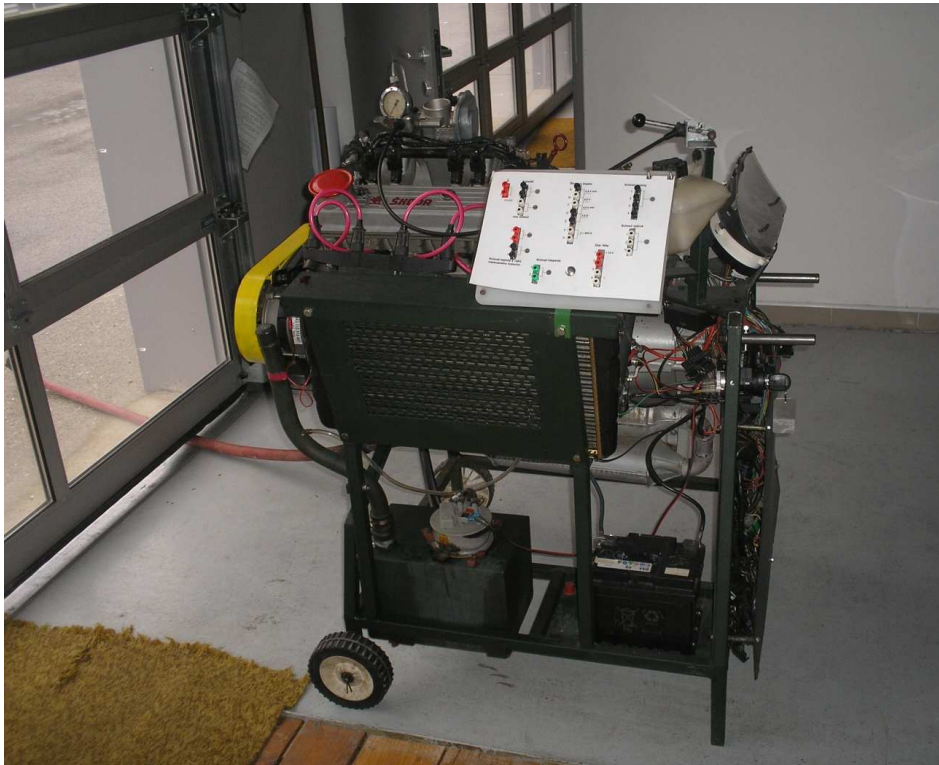
Prílohy

Zoznam príloh

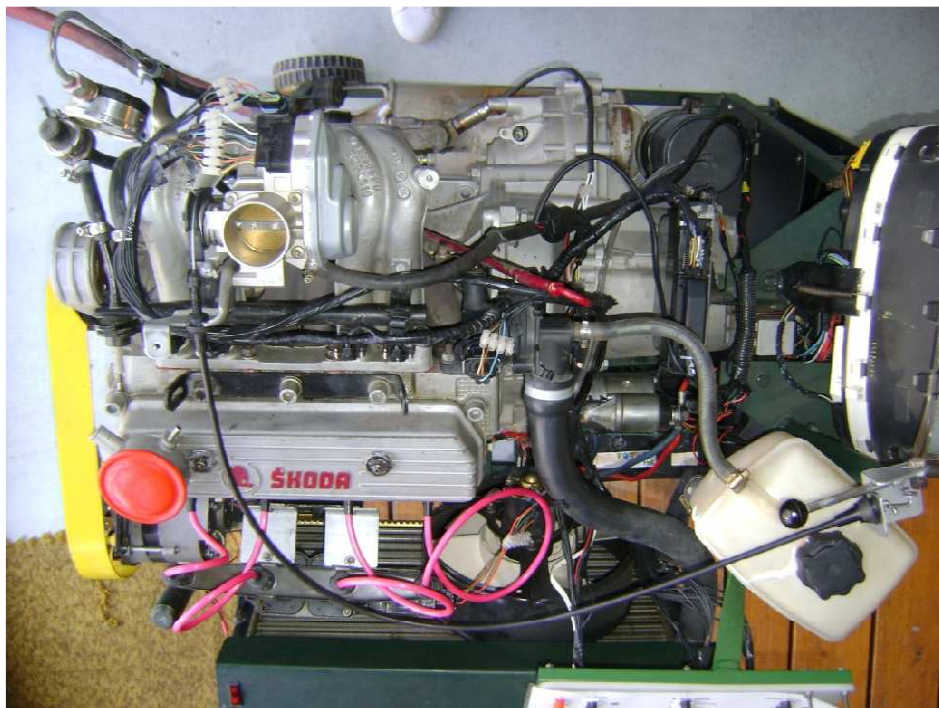
V prílohách sú uvedené nasledovné obrázky a tabuľky:

- Príloha 1** *Model benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi – pohľad zo strany chladiča*
Model benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi – pohľad zhora
- Príloha 2** *Pohľad na termostat na modeli benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi*
Pohľad na λ sondu modelu benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi
- Príloha 3** *Tabuľka 6 Vzťahy medzi teplotnými stupnicami*
- Príloha 4** *Tabuľka 7 Technická špecifikácia termovíznej kamery ThermoPro TP8s*
- Príloha 5** *Tabuľka 8 Typické hodnoty emisivity termovíznej kamery ThermoPro TP8s*
- Príloha 6** *Zhotovená diagnostická správa termostatu pomocou softvéru Guide IrAnalyser VI.7*
- Príloha 7** *Zhotovené termovízne snímky (termogramy) merania termostatu s postupným narastaním teploty.*

Príloha 1



Model benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi – pohľad zo strany chladiča



Model benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi – pohľad zhora

Príloha 2



Pohľad na termostat na modeli benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi



Pohľad na λ sondu modelu benzínového motora Škoda Felícia 1,3 MPi

Príloha 3

Tab. 6 Vzťahy medzi teplotnými stupnicami

Stupnica	Jednotka	Prepočet na Kelvinovu stupnicu	Popis
Kelvinova	K	$= T (K)$	Kelvin je 273,16 diel termodynamickej teploty trojného bodu vody (rovnovážny stav pre ľad, kvapalinu, vodnú paru). SI sústav ju uznala ako základnú stupnicu teploty v roku 1967.
Celsiova	°C	$= T (K) - 273,16$	SI sústava uznala Celsiovu stupnicu ako vedľajšiu jednotku teploty. Anders Celsius ju v roku 1742 navrhol na základe bodu varu vody a tuhnutia ľadu. Varu priradil číslo 0 a tuhnutiu 100, stupnicu rozdelil na 100 dielov. V priebehu vývoja teplomerových stupníc došlo k prevráteniu stupnice tak, aby tuhnutie vody bolo popísané 0°C a var 100°C.
Fahrenheitova	°F	$= 1,8*[T(K) - 273,16] + 32$	D.G.Fahrenheit zaviedol vlastnú stupnicu, keď pre 0°F stanovil teplotu zmesi ľadu, vody a salmiaku (chlorid amónny). Ako horný diel stupnice (96°F) poslúžila teplota ľudského tela. Stupnicu dvakrát rozdelil po tuctoch a tie na štyri stupne.

Príloha 4

Tab. 7 Technická špecifikácia termovíznej kamery ThermoPro TP8s

Vlastnosť	Parameter	Hodnota
Termálny obraz	Snímacie zariadenie	UFPA mikrobolometer (384 × 288 bodov, 35µm)
	Rozsah Spektra	8 – 14 µm
	Teplotná citlivosť	0,08°C pri 30°C (v móde priemeru sekvencie snímok)
	Snímková sekvencia	PAL: 50 Hz, / NTSC: 60 Hz, neprekladané
	Zorné pole / fókus	22° × 16° / 35 mm
	Zoom	elektronický, rozsah 1×..10×
Vizuálna snímka	Digitálne video	CMOS senzor, 1280×1024 bodov, 215-farieb
Zobrazenie	Externý displej	farebný 3,5 TFT LCD, rozlíšenie VGA 640×480 bodov
	Hľadáčik	farebný 0,6" OLED, rozlíšenie VGA 640×480 bodov
	Video výstup	VGA, kompozitné video PAL, kompozitné video NTSC
Ovládanie	Dotykový displej	zadanie príkazu dotykcom na displeji
	Rozpoznanie hlasu	rozlíšenie hlasového povelu
	Diaľkové ovládanie	voliteľné príslušenstvo
	Joystick (páčka)	komplexne ovládanie termokamery
Meranie	Teplotný rozsah	1. Filter: -20°C..250°C 2. Filter: 200°C..800°C (voliteľne do 2000°C) Filter: 200°C..600°C (voliteľne do 2000°C)
	Presnosť	1. Filter: ±1°C alebo ±1% z meraného rozsahu 2. Filter: ±2°C alebo ±2% z meraného rozsahu

	Režimy	teplota bodu, 8 pohyblivých bodov, 8 meniteľných zón (min, max, priemer), lineárny profil, izoterma a histogram, alarm pri prekročení nastavenej teploty
	Korekcie	emisivita, nastaviteľná v rozsahu 0,01..1,00 (krok 0,01), automatická korekcia na základe teploty okolia, vzdialenosti, relatívnej vlhkosti, atď. Automatická korekcia prenosu optiky podľa signálov zo senzorov
Úložný priestor	Typ média	vstavaná pamäť typu Flash vymeniteľná pamäťová karta typu SecureDigital
	Formát	JPEG (súbor obsahuje termálnu snímku, vizuálnu snímku, prípadnú hlasovú a textovú poznámku)
	Hlasová poznámka	30 sekúnd / snímka
	Textová poznámka	výber z preddefinovaných textov
	Termovízne video	záznam do PC pripojeného cez USB rozhranie
Indikátory stavu	LCD displej	zobrazuje stav batérie a napájania
	Zvuková alarm	výstražný signál vybitej batérie
Laserový zameriavač	Klasifikácia	trieda 2
	Typ	polovodičový, trieda 2
Napájanie	Batéria	Li-Ion nabíjateľná, vymeniteľná
	Výdrž	viac ako 2 ½ hodiny súvislej prevádzky
	Nabíjanie	priamo v kamere alebo pomocou externej nabíjačky

Pracovné prostredie	Prevádzková teplota	-20°C.. +60°C
	Skladovacia teplota	-20°C..+60°C
	Relatívna vlhkosť	10%..95%, nekondenzujúca
	Krytie	IP54 IEC 529
	Náraz	operačný: 25G, IEC 68-2-29
	Vibrácie	operačné: 2G, IEC 68-2-6
Rozhrania	USB 2.0	Prenos snímok, merania, videozáznamu, ovládanie z PC
	RS232	ovládanie z PC
Prevedenie	Rozmery (d × š × v)	186 × 83 × 106 mm (so štandardným objektívom)
	Kryt	horčíkové telo
	Hmotnosť	1,1 kg (vrátane s batérie a displeja)
	Uchytenie statívu	1/4 “

Príloha 5

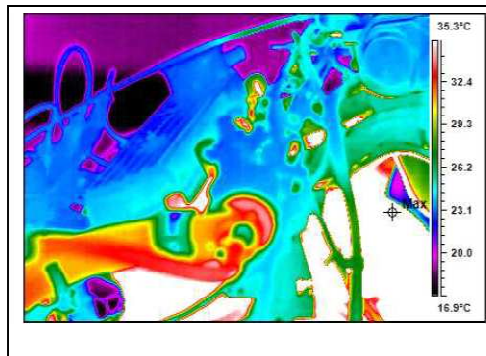
Tab. 8 Typické hodnoty emisivity termovíznej kamery ThermoPro TP8s

Pevný materiál	Emisivita	Rôzne	Emisivita
Oxid hlinitý	0,40	Asfalt	0,90
Pálená tehla	0,93	Uhlík	>0,90
Grafit / tuha	0,85	Sadze	0,95
		Cement a betón	0,90
		Látka, tkanina	0,85
Zliatiny kovu	Emisivita	Emisivita pre zoxidovaný materiál	
Mosadz	0,10	0,61	
Hliník	0,05	0,30	
Chróm	0,15		
Kobalt	0,18		
Zlato	0,02		
Železo a oceľ	0,18	0,85	
Olovo	0,16	0,63	
Magnézium	0,12		
Nikel	0,15		
Platina	0,10		
Striebro	0,03		
Cín	0,09		
Titán	0,30		
Volfrám	0,13		
Zinok	0,05	0,11	

Príloha 6

Zhotovená diagnostická správa termostatu pomocou softvéru Guide IrAnalyser V1.7

Termostat



Infrared Image



Visual Image

Information:

FileName	IR001614
CreateTime	Tuesday, December 07, 2010 9:21:15 AM
Emissivity	0.98
Background Temp	21.2°C
Distance	1.0m
Max Temp	195.6°C
Min Temp	12.7°C
Voice Comment	

Analyses Table:

Object Parameter	Value
Max	195.6°C

Notations:

<<NTL>>	<<NTV>>
---------	---------

Fault Rating:

LOW	MODERATE	HIGH	EXTREME
------------	-----------------	-------------	----------------

Comments:

Wuhan Guide Infrared Technology Co., Ltd
No 26, Shucheng Rd, Hongshan District, Wuhan, 430070, China
Tel: +86-27-8767 1991/ 1925/ 1983 Fax: +86-27-8767 1927
Http: www.guide-infrared.com Email: overseas@guide-infrared.com

Guide

Príloha 7

Zhotovené termovízne snímky (termogramy) merania termostatu s postupným narastaním teploty.

