

Wybrane zagadnienia z zakresu elektrycznego wyposażenia pojazdu dotyczące rozbudowy bazy badawczej realizującej programy nauczania i szkolenia

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.461

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule przedstawiono rozszerzenie możliwości pomiarowych dwóch wybranych stanowisk przeznaczonych do demonstracji systemu klimatyzacji pojazdu oraz samochodowych układów zapłonowych. Modułowa budowa stanowisk umożliwia rozszerzenie ich funkcji pomiarowych i badawczych o diagnostykę termowizyjną. Takie rozszerzenie zakresu badań wyposażenia elektrycznego umożliwia jednocześnie wzbogacenie programu dydaktycznego prowadzonych ćwiczeń laboratoryjnych. Zaprezentowano tu również przykładowe termogramy wykonane na w/w stanowiskach.

Słowa kluczowe: elektryczne wyposażenie pojazdów, laboratoryjne stanowiska badawcze, pomiary termowizyjne.

Wstęp

Wraz ze wzrostem skomplikowania rozwiązań konstrukcyjnych pojazdów i ich podzespołów wzrastają potrzeby przekazywania coraz szerszej i dogłębnej wiedzy związanej z ich własnościami funkcjonalnymi w celu zwiększenia możliwości twórczego projektowania, sprawnego diagnozowania i napraw funkcjonującego w pojazdach osprzętu oraz osiągnięcia jego niezawodnego działania [1].

Dynamiczny rozwój branży motoryzacyjnej wymusił zmiany konstrukcyjne i technologiczne osprzętu i podzespołów elektrycznego wyposażenia pojazdów. Powstały nowe systemowe rozwiązania instalacji elektrycznej, a także metody badania tego wyposażenia [7].

Ćwiczenia laboratoryjne stanowią nieodłączny element kształcenia zawodowego, szczególnie w zakresie nauk ścisłych i technicznych. Laboratoria badawcze to pomieszczenia, które wyposażone jest w stosowny sprzęt i środki dydaktyczne, stosownie do roli, jaką pracownia odgrywa w kształceniu, w tym prowadzenia doświadczeń laboratoryjnych, ćwiczeń i zajęć praktycznych. Niezbędnym wyposażeniem laboratorium badawczego są środki dydaktyczne, których celem jest usprawnienie procesu kształcenia. Odbywa się to dzięki respektowaniu szeregu zasad nauczania, wśród których wyróżnić należy: zasadę pogłębności, przystępności i łączenia teorii z praktyką, aktywności oraz operatywności wiedzy [2].

W artykule tym przedstawiono wyniki obserwacji termowizyjnej dwóch zmodernizowanych stanowisk laboratoryjnych przeznaczonych do badań demonstracyjnych systemu klimatyzacji oraz układów zapłonowych pojazdu.

Zajęcia dydaktyczne realizujące program nauczania i szkolenia z zakresu elektrycznego wyposażenia pojazdów samochodowych realizowane są na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej w ramach przedmiotów specjalnościowych, głównie na studiach stacjonarnych inżynierskich pierwszego stopnia w semestrze piątym,

na studiach niestacjonarnych w semestrze szóstym dla specjalności Inżynieria eksploatacji pojazdów samochodowych.

1. Specyfika budowy i modernizacja istniejącej laboratoryjnej bazy badawczej

Rozwój komputerowej techniki pomiarowej umożliwił realizację wielu programów naukowo-badawczych w tym także udoskonalenie procesów dydaktycznych dla szeregu ćwiczeń wdrażanych do Laboratorium Elektrotechniki Samochodowej dla kolejnych generacji modernizowanych stanowisk badawczych [7].

Opracowana obecnie koncepcja rozszerzenia struktury stanowisk laboratoryjnych o badania termowizyjne sprzyja budowie nowoczesnego laboratorium w Zakładzie Systemów Informatycznych i Mechatronicznych w Transporcie na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej.

W wyniku modernizacji laboratoryjnej bazy badawczej oraz wdrożenia nowych stanowisk laboratoryjnych wzrosła możliwość rozszerzenia zakresu prowadzonych ćwiczeń laboratoryjnych na studiach pierwszego i drugiego stopnia.

Proces ten zapoczątkowało wdrożone w 2014 roku komputerowe stanowisko do badań fotometrycznych źródeł światła różnego typu lamp sygnałowych [7].

Badania termowizyjne stają się coraz częściej używanym narzędziem w rękach inżynierów, zajmujących się badaniami, utrzymaniem i eksploatacją urządzeń. Wykorzystanie tej technologii pomiarowej znacząco rozszerza możliwości pomiarowo-badawcze istniejącej bazy badawczej.

2. Rozszerzenie zakresu badań wybranych stanowisk dydaktycznych o pomiary termowizyjne

Pomiary termowizyjne są metodą badawczą umożliwiającą śledzenie różnych procesów, których przebieg wiąże się ze zmianami emisyjności czy temperatury w czasie albo ze zróżnicowaniem obrazów termicznych poszczególnych obiektów [5].

Na podstawie termogramu można ocenić między innymi [8]:

- jakość chłodzenia podzespołów czy urządzeń,
- prawidłowość doboru podzespołów w układzie,
- lokalizację uszkodzeń podzespołów,
- występowanie i lokalizację nieprawidłowości w połączeniach,
- moc strat wydzieloną np. badanego podzespołu czy urządzenia.

Badania termograficzne wykonane na stanowisku laboratoryjnym pozwalają na obserwację w jaki sposób poszczególne materiały konstrukcyjne badanego obiektu absorbują i oddają energię cieplną. Możliwe jest obserwowanie tego procesu dla różnych zakresów i obszarów pracy także przy symulacji pracy zbliżonych do rzeczywistych warunków.

Wykorzystywana w badaniach kamera termowizyjna jest kamerą przenośną z możliwością mocowania jej na statywie. Statywy zapewniają stabilne mocowanie i ustawienie kamery, co pozwala na uzyskanie powtarzalnego obszaru pomiarowego w zależności od badanego elementu wyposażenia elektrycznego pojazdu [6].

Do badań została użyta kamera z detektorem niechłodzonym model SC 660 firmy FLIR wyróżniająca się najwyższą czułością w swojej klasie. Wybrane parametry [6] kamery termowizyjnej obrazujące możliwości pomiarowe wymieniono poniżej:

- typ detektora: Matryca niechłodzona (FPA) mikrobolometryczna, 640 x 480 pikseli,
- pasmo działania detektora: 7,5 do 13 μm ,
- pole widzenia: ogniskowa 24° x 18° / 0,3 m,
- rozdzielczość przestrzenna 0,65 mrad,
- czułość termiczna: 0,030°C przy 30°C,
- częstotliwość obrazu: 30 Hz bez przepłotu 60/120Hz przy zredukowanej rozdzielczości,
- zdalne sterowanie kamerą termowizyjną z komputera PC,
- wbudowany aparat cyfrowy kolor 3,2 Mpikseli z autofocus,
- optymalizacja kontrastu termalnego oparta na filtrach cyfrowych,
- oprogramowanie do analizy i zapisu obrazów termowizyjnych w czasie rzeczywistym ThermoCAM Researcher.

Termogramy wykonywano monitorując zmianę temperatury pozornej badanego obiektu w wyznaczonych obszarach w warunkach kiedy temperatura powietrza w laboratorium wynosiła 20°C. W ustawieniach kamery przyjęto wilgotność względną 50%. Kamerę ustawiano w odległości od 1 m do 3 m od badanego obiektu. Na wybranych obszarach osprzętu naklejono materiał o emisyjności 0,95.

Kamera termowizyjna pozwala ustalić rozkład temperatur na powierzchni badanego obiektu. Powierzchnia każdego materiału ma specyficzną emisyjność, na podstawie której określana jest ilość promieniowania podczerwonego emitowanego z danego materiału, które jest odbijane a także emitowane (wypromieniowane przez sam przedmiot).

W trakcie realizacji badań studenci mogą zaobserwować efekt nieprawidłowego ustawienia emisyjności podczas pomiaru, rejestracji temperatury. Im większa różnica między temperaturą mierzonego obiektu, przedmiotu, a temperaturą otoczenia a także im niższa emisyjność, tym większe są błędy pomiaru. Błędy te są większe w przypadku nieprawidłowego ustawienia emisyjności [5], [8].

Aby móc dokładnie zmierzyć temperaturę, konieczne jest skompensowanie wpływu różnych źródeł promieniowania. Konieczna jest więc znajomość następujących parametrów jak: emisyjność, temperatura otoczenia i atmosfery, odległość od obiektu oraz względna wilgotność powietrza.

Wybrane i charakterystyczne w aspekcie elektrycznego wyposażenia pojazdów materiały i odpowiadający tym materiałom wartości emisyjności to: aluminium wypolerowane - 0,05, miedź wypolerowana - 0,01, miedź utleniona - 0,88, taśma elektryczna, czarny plastik - 0,95, lakier, bakielit - 0,93, porcelana, szklista - 0,92, guma - 0,93, stal galwanizowana - 0,28,. Emisyjność prawie wszystkich materiałów mierzona jest w 0°C ale nie różni się przez to znacząco od emisyjności w temperaturze pokojowej.

2.1. Stanowisko do badań samochodowych układów zapłonowych

Zasadniczo celem ćwiczenia jest wykreślenie charakterystyk modułu zapłonu z czujnikiem indukcyjnym stosowanym w systemach sterowania silników i ich podgląd za pomocą oscyloskopu. Dodatkowo w trakcie realizacji ćwiczenia laboratoryjnego studenci mają możliwość obserwacji pracy układu za pomocą kamery termowizyjnej. Obserwacja ta dotyczy powierzchni podzespołów wchodzących w skład zestawu laboratoryjnego elementów w obwodzie elektrycznym układu zapłonowego.



Rys. 1. Fotografia fragmentu stanowiska bezrozdzielaczowego układu zapłonowego [opracowanie własne]

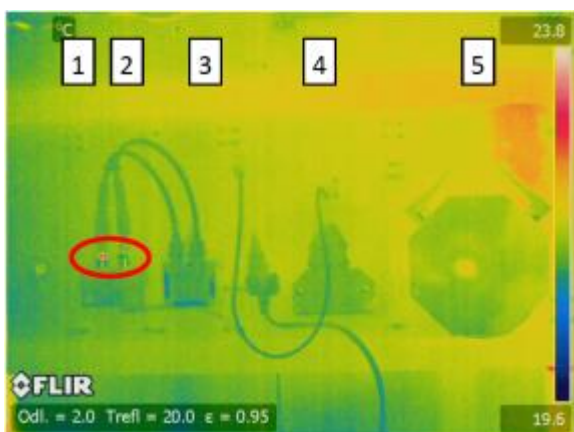
Na rys. 1. przedstawiono fotografię fragmentu stanowiska bezrozdzielaczowego układu zapłonowego. W skład tego układu, dla którego wykonano termogramy wchodzą następujące elementy: 1- włącznik zapłonu, 2- zespół dwóch świec zapłonowych, 3- cewka zapłonowa dwubiegunowa, 4- moduł zapłonu typu MED firmy Magneti Marelli, 5- zespół palcowych czujników indukcyjnych [4]. Pozostałe elementy stanowiące integralną część stanowiska takie jak: włącznik masy, moduł pomiarowy, regulator współczynnika wypełnienia, zespół bezpieczników, pompa Mityvag, lampa stroboskopowa, a także zespół zasilający które nie zostały uwidocznione na fotografii ponieważ nie były objęte scenariuszem badań termowizyjnych.

W trakcie obserwacji termograficznej kamera termowizyjna ustawiona była na statywie na wysokości 1,3 m w odległości 2 m, prostopadle w stosunku do obserwowanego obiektu. Każdy z zarejestrowanych w sekwencji termogramów obejmuje obraz termalny podzespołów układu zapłonowego odpowiadający ich rozmieszczeniu jak na rys. 1. Dla celów dydaktycznych termogramy rejestrowano z wykorzystaniem automatycznych ustawień kamery. Przedstawiony na rys. 2 termogram jest pierwszym zarejestrowanym w serii termogramem odpowiadającym stanowi w pracy układu przed włączeniem zasilania i rozpoczęciem badań. Już na tym etapie studenci mogą zaobserwować wpływ promieniowania emitowanego przez operatora. To stanowisko w laboratorium elektrycznego wyposażenia pojazdów usytuowane jest w bezpośrednim sąsiedztwie węzła cieplnego, kaloryfera, okna i wynikającego z tego promieniowania nieboskłonu i promieniowania słonecznego, w zależności od tego czy okno jest zamknięte uchylone czy otwarte. Studenci w trakcie realizacji pomiarów uczą się rozpoznawać źródła energii mogące negatywnie wpływać, zaburzać wyniki badań i pomiarów.

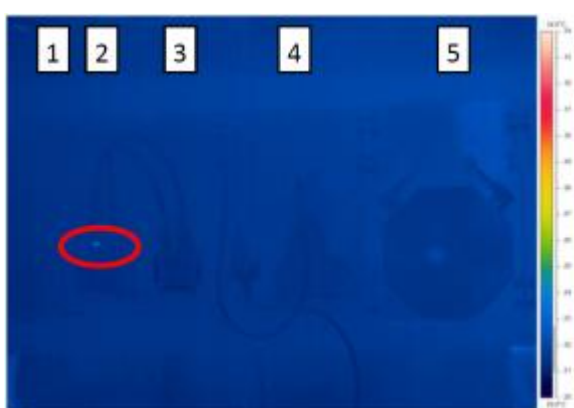
Stanowisko laboratoryjne i wchodzące w jego skład elementy to w dużej mierze gładkie, wypolerowane czy też pomalowane lakierem powierzchnie. Efekt odbicia operatora zarejestrowano w trakcie realizacji serii pomiarowej na termogramach z rys. 2, rys. 3, rys. 4 i rys. 5, miejsca, w których jest to zjawisko widoczne zaznaczono obrysem koloru czerwonego. Czułość użytej do pomiarów kamery wynosi 0,1°. Obok zarejestrowanych przy użyciu ustawień automatycznych kamery termogramów zaprezentowano termogramy, dla których dokonano zmiany poziomu i zakresu wyświetlanych temperatur, zachowując tę samą paletę barw.

Należy także nadmienić, że istotną cechą dedykowanego oprogramowania jest również możliwość zmiany emisyjności, korekta emisyjności. Jest to szczególnie istotne ponieważ prawidłowe wyznaczenie czy też przyjęcie odpowiedniej dla danego materiału i powierzchni emisyjności jest kluczowe przy wyznaczeniu temperatury pozornej na powierzchni badanego obiektu. Studenci w trakcie realizacji badań mają możliwość wyznaczenia emisyjności lub przyjęcia odpowiedniej zdefiniowanej, katalogowej wartości.

Zgodnie z oznaczeniami wprowadzonymi na rys. 1. poszczególne panele badanego układu zapłonowego oznaczono cyframi od 1 do 5.



Rys. 2. Termogram monitorowanego układu zapłonowego przed rozpoczęciem pomiarów przy wykorzystaniu ustawień automatycznych kamery [opracowanie własne]



Rys. 3. Termogram monitorowanego układu zapłonowego przed rozpoczęciem pomiarów po skorygowaniu rozpiętości temperatury [opracowanie własne]

W trakcie wykonywania pomiarów ustawiony był zakres temperaturowy kamery od -40 do 120°C dla termogramów z: rys. 3, rys. 5, rys. 7, rys. 9, a także począwszy od rys. 10 do rys. 12, przyjęto przedział rozpiętości temperatury od 20 do 34°C przy emisyjności 0,95.



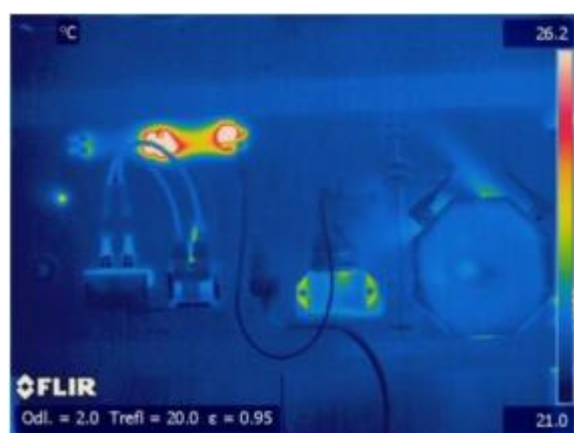
Rys. 4. Termogram monitorowanego układu zapłonowego wykonany po 130 s od rozpoczęcia pomiaru z wykorzystaniem ustawień automatycznych kamery [opracowanie własne]

W przypadku paneli, na których zamontowano świece zapłonowe i zespół czujników indukcyjnych zastosowano ochronną osłonę z płyty wykonanej z syntetycznego polimeru – pcv. Rozwiązanie to zapewnia dobre warunki obserwacji wzrokowej i bezpieczne użyt-

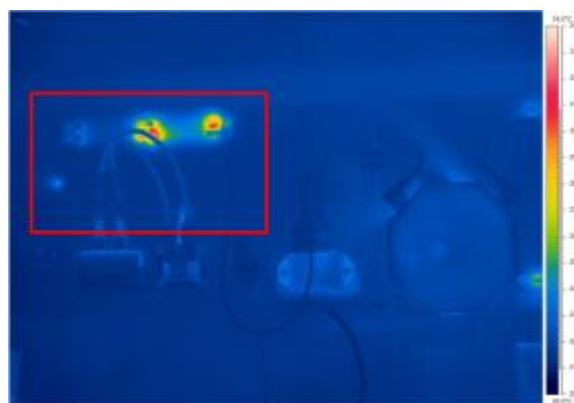
kowanie ale wpływa niekorzystnie na obserwację termowizyjną tych elementów. W przypadku tych elementów obserwujemy rozptył energii cieplnej na powierzchni osłony.



Rys. 5. Termogram monitorowanego układu zapłonowego wykonany po 130 s od rozpoczęcia pomiaru i po skorygowaniu rozpiętości temperatury [opracowanie własne]



Rys. 6. Termogram monitorowanego układu zapłonowego wykonany po 140 s od rozpoczęcia pomiaru z wykorzystaniem ustawień automatycznych kamery [opracowanie własne]

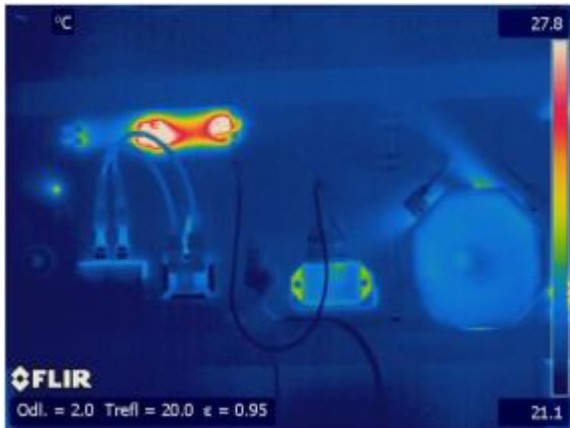


Rys. 7. Termogram monitorowanego układu zapłonowego wykonany po 140 s od rozpoczęcia pomiaru i po skorygowaniu rozpiętości temperatury [opracowanie własne]

W kolejnym etapie realizacji ćwiczenia studenci dokonują analizy i interpretacji wybranych termogramów za pomocą specjalizowanego oprogramowania o nazwie ThermaCAM Researcher. Narzędzie, w które wyposażone jest oprogramowanie to przede wszystkim funkcjonalne znaczniki takie jak: punkt, linia, obszar.

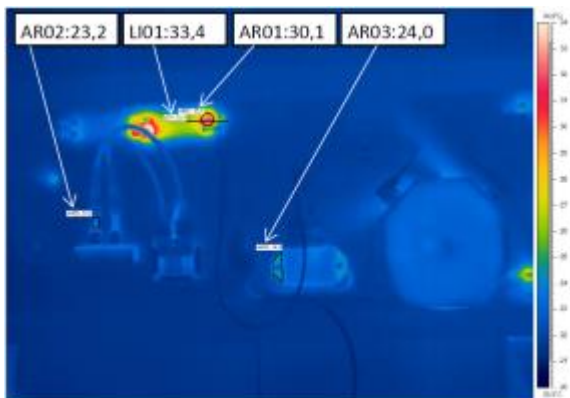
Znacznik obszar może być zdefiniowany jako regularna struktura w postaci okręgu, kwadratu, prostokąta lub ma nieregularny

kształt. Przykład wykorzystania tego typu narzędzi przedstawia rys. 9. gdzie AR01- okrąg obejmuje obszar złączeni pomiędzy panelami, AR02- prostokąt obejmujący obszar, fragment izolatora świecy zapłonowej, LI01- linia zdefiniowana w obszarze umiejscowienia złączeni pomiędzy panelami w torze 30 i 15.



Rys. 8. Termogram monitorowanego układu zapłonowego wykonany po 600 s od rozpoczęcia pomiaru z wykorzystaniem ustawień automatycznych kamery [opracowanie własne]

W trakcie obserwacji termowizyjnej pracy badanego układu nie zaobserwowano znaczących przyrostów temperatury mających wpływ na prawidłowe funkcjonowanie układu.



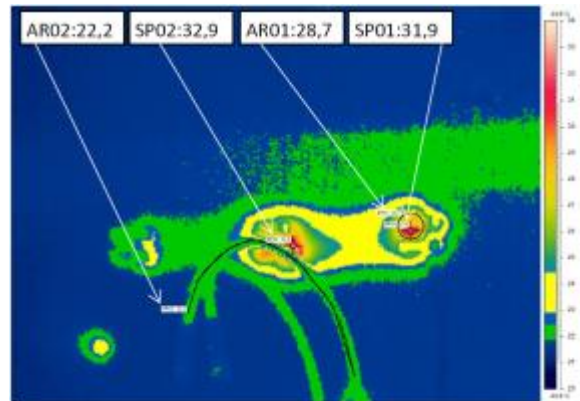
Rys. 9. Termogram monitorowanego układu zapłonowego wykonany po 600 s od rozpoczęcia pomiaru i po skorygowaniu rozpiętości temperatury z zaznaczonymi narzędziami obszar AR01, AR02, AR03 i linia LI01 [opracowanie własne]

Dla przypadku badanego układu zapłonowego (rys. 9.) odczytano maksymalną temperaturę pozorną w obszarze znacznika LI01 wynoszącą 36,2°C zatem przekraczającą przyjęty maksymalny poziom rozpiętości temperatury. W obszarze znacznika AR01 średnia temperatura pozorną wynosiła 30,1°C. W przypadku odczytanych wartości temperatur pozornych należy zauważyć, że mogą one ulec zmianie w zależności od usytuowania i przyjętych wymiarów konkretnego znacznika w badanym obszarze.

Ciekawe efekty w zakresie zobrazowania temperatury pozorniej na powierzchni badanych obiektów daje połączenie narzędzi takich jak izoterma, punkt, obszar dla założonej emisyjności 0,95 i rozpiętości temperatur dla palety barw zobrazowania od 20 do 34°C.

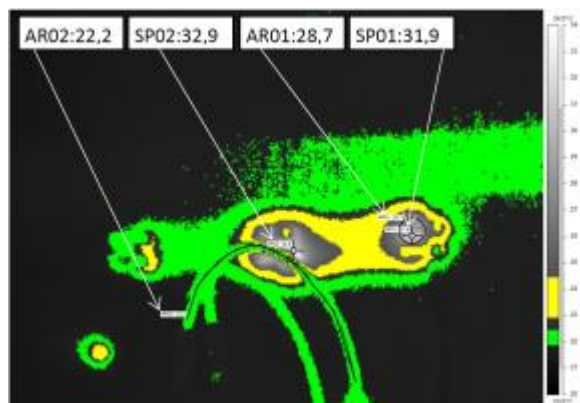
Obszar na rys. 7 zaznaczony za pomocą czerwonego prostokąta poddano przykładowej analizie z wykorzystaniem kolejnych narzędzi, których efekty możemy obserwować na termogramach prezentowanych na rysunkach rys. 10 i rys. 11.

Przykład zaprezentowany na rys. 10 gdzie dla obszaru zdefiniowanego jako AR02 odczytano średnią temperaturę pozorną na powierzchni przewodu zapłonowego na poziomie 22,2°C. W obszarze znacznika AR01 średnia temperatura pozorną wynosi 28,7°C. Przedstawiony termogram to przykład jak za pomocą narzędzia izoterma określić rozkład temperatury, równomierność tego rozkładu przykładowo na powierzchni przewodu zapłonowego czy też innym obszarze na powierzchni badanego obiektu.



Rys. 10. Powiększony obszar termogramu z rys. 7, dla którego użyto narzędzia izoterma [opracowanie własne]

Na widocznych na rys. 10 i 11 termogramach, kolor zielony odpowiada obszarom temperaturze od 21,9 do 22,4°C, kolor żółty odpowiada obszarom o temperaturze od 22,9 do 24,5°C, dodatkowo użyto narzędzia punkt – SP01, SP02 i obszar – AR01, AR02.



Rys. 11. Termogram z rys. 10 po zmianie palety zobrazowania wyświetlanych barw z palety rain900 na paletę grey [opracowanie własne]

Na rysunku 11 zaprezentowano przykład tego jak zmiana wykorzystywanej palety barw w zakresie zobrazowania rozkładu temperatury oraz użycie narzędzia izoterma ułatwia interpretację i analizę termogramu.

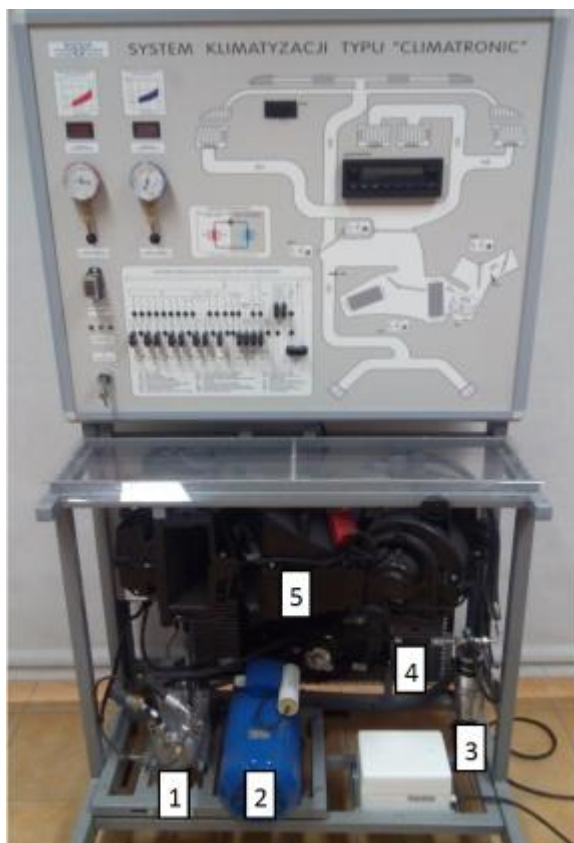
2.2. Stanowisko demonstracyjne systemu klimatyzacji pojazdu

Stanowisko oparte o system klimatyzacji pojazdu - Climatronic przeznaczone do praktycznego pokazu i nauki funkcjonowania typowego samochodowego systemu chłodzenia i ogrzewania wnętrza pojazdu.

Umożliwia ono pomiar parametrów czynnika chłodzącego w obwodach niskiego i wysokiego ciśnienia, obserwację zmian tych parametrów zależnie od intensywności wymiany ciepła, oraz parametrów elektrycznych systemu sterowania i jego diagnostykę. Dzięki odpowiedniej konstrukcji stelaża stanowiska, ułatwiony jest dostęp do wszystkich podzespołów układu klimatyzacji, co umożliwia

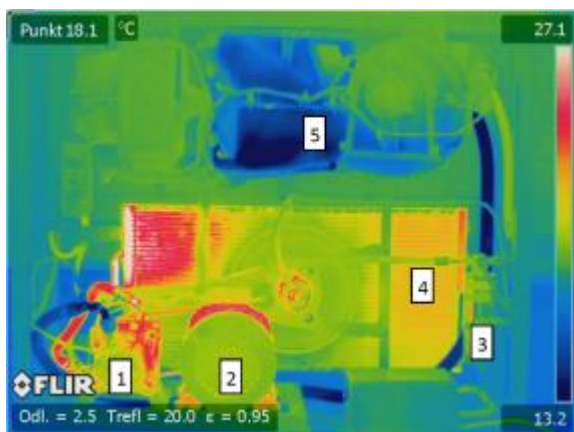
w procesie dydaktycznym bardzo wygodne prezentowanie działania poszczególnych elementów i ich wzajemnych połączeń.

Na konstrukcji wsporczej stelaża zamontowano zespół nagrzewnicy i chłodzenia wraz z wentylatorem nadmuchu z typowego pojazdu klasy średniej, wraz z mechanizmami nastawczymi klap kanałów powietrznych i czujnikami temperatury (rys. 12). Umożliwia to naukę obsługi i uruchomienia systemu klimatyzacji samochodowej typu Climatronic.



Rys. 12. Fotografia stanowiska demonstracyjnego układu klimatyzacji – climatronic [opracowanie własne]

W dolnej części stelaża zamontowano na elastycznych wspornikach ramę zespołu sprężarki napędzanej silnikiem elektrycznym zasilanym z sieci 230V/50 Hz. Zastosowano tu stosunkowo mały silnik elektryczny, jednofazowy o mocy 1,5 kW, aby możliwe było uruchomienie stanowiska w typowych warunkach dostępu do sieci elektrycznej jaka ma miejsce w szkołach [3].

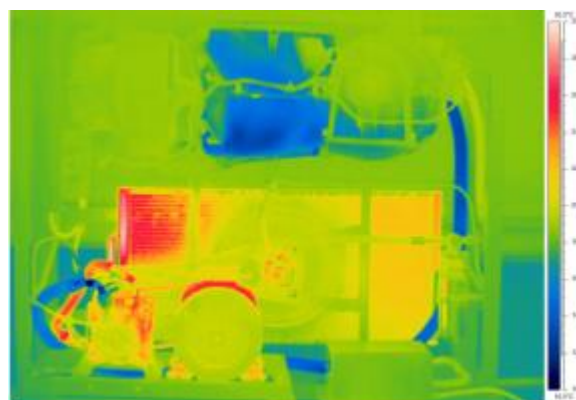


Rys. 13. Termogram wybranych podzespołów układu klimatyzacji wykonany w trybie pracy automatycznej kamery [opracowanie własne]

Na rys. 12 zaznaczono wybrane, monitorowane za pomocą kamery termowizyjnej elementy stanowiska układu klimatyzacji, należą do nich: 1 - sprężarka, 2 - silnik elektryczny, 3 - filtr z osuszaczem, 4 - skraplacz, 5 - przewodnica powietrza

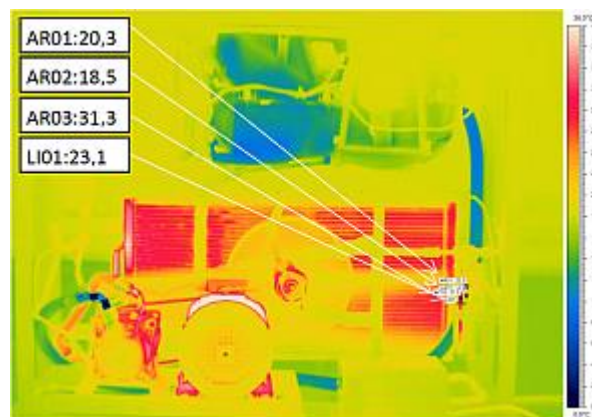
Stanowisko demonstracyjne umożliwia poznanie zasady działania i metod diagnostycznych mających zastosowanie w diagnostyce pojazdu wyposażonego w układ klimatyzacji typu Climatronic firmy Bosch. Program badań umożliwia również wykrywanie usterek za pomocą manometru rozgałęźnego, diagnostykę z wykorzystaniem testera diagnostycznego oraz miernika uniwersalnego i oscyloskopu, a także symulację usterek. Program ten rozszerzono o obserwację termograficzną podzespołów układu klimatyzacji.

Prezentowany na rys. 13 termogram wykonano w cyklu pomiarowym w odstępie czasu pomiędzy poszczególnymi termogramami wynoszącym 10 s przy ustawieniach automatycznych kamery w odległości 2,5 m, kamera ustawiona była na statywie na wysokości 1,3 m. Temperatura w pomieszczeniu laboratorium wynosiła 20°C, wilgotność przyjęto na poziomie 50%, emisyjność 0,95.



Rys. 14. Termogram po 290 s od uruchomienia stanowiska po skorygowaniu rozpiętości temperatury [opracowanie własne]

Obserwacja termograficzna umożliwia monitorowanie pracy poszczególnych podzespołów stanowiska. Na rys. 14 możemy zaobserwować rozptył energii na zewnętrznej powierzchni skraplacza. Skraplacz oznaczony na termogramie, rys. 13 znacznikiem nr 4, jest potrzebny do chłodzenia czynnika chłodniczego ogrzanego wcześniej w procesie sprężania w sprężarce. Gorący w postaci gazu czynnik chłodniczy wpływa do skraplacza, gdzie oddaje ciepło do otoczenia przez jego ścianki.



Rys. 15. Termogram po 300 s od uruchomienia stanowiska po skorygowaniu rozpiętości temperatury [opracowanie własne]

W wyniku chłodzenia stan skupienia czynnika zmienia się z gazowego na ciekły. Proces ten obserwujemy również na kolejnym

termogramie, rys. 15. Gorący, gazowy czynnik chłodniczy wpływa od góry do skraplacza, gdzie oddaje ciepło do otoczenia przez jego rurki i blaszki. W wyniku schłodzenia czynnik chłodniczy opuszcza skraplacz przez dolne przyłącze w stanie ciekłym.

Zdaniem autorów za pomocą metody termograficznej możliwe jest wykrycie uszkodzenia skraplacza objawiającego się niską wydajnością chłodzenia, awarią klimatyzacji, stale pracującym wentylatorem skraplacza. Możliwe jest zaobserwowanie przyczyny usterek takich jak: nieuszczelnienie na złączach lub uszkodzenia mechaniczne, brak wymiany ciepła z powodu zabrudzenia powierzchni lub lamelek. Obserwacja termowizyjna pozwala na sprawdzenie skraplacza pod kątem zabrudzenia, kontrole pod kątem nieuszczelnienia. Mając możliwość obserwowania temperatury pozornej na powierzchni badanych podzespołów możemy jej wartość porównać po stronie niskiego i wysokiego ciśnienia.

Ważnym aspektem prowadzonej analizy i interpretacji termogramów z wykorzystaniem specjalizowanego oprogramowania jest możliwość skompensowania emisyjności dla charakterystycznych punktów pomiarowych. Podzespoły systemu klimatyzacji w wybranych, dobrze obserwowalnych z pozycji ustawienia kamery punktach naklejono taśmę o emisyjności 0,95.

Widoczny na rys. 15 termogram, na którym przy pomocy „narzędzia punkt” odczytano wartości temperatury pozornej na powierzchni osuszacza uzyskując odpowiednio w obszarze AR01:20,2, na którym naklejono taśmę izolacyjną o znanej emisyjności wynoszącej 0,95. W obszarach AR02:18,9 i dla AR03:28,5 których dokonano korekty emisyjności, przyjmując emisyjność dla wypolerowanej powierzchni wynosząca 0,05. Należy zwrócić uwagę na to że emisyjność 0,95 jest emisyjnością materiału w obszarze AR01 materiałem tym jest taśma izolacyjna o znanej emisyjności co to daje pewność przy wyznaczeniu temperatury pozornej dla badanej powierzchni.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono jak zrealizowano rozbudowę bazy laboratoryjnej umożliwiającej badanie kolejnych elementów wyposażenia elektrycznego pojazdu w procesie obserwacji i pomiarów termowizyjnych tych obiektów.

Rozszerzenie zakresu wykonywanych ćwiczeń dydaktycznych dotyczyło dwóch stanowisk laboratoryjnych a mianowicie:

- badania układów zapłonowych pojazdów,
- demonstracji działania systemu klimatyzacji.

Było to możliwe dzięki przyjętej wcześniej koncepcji modułowej budowy stanowisk umożliwiającej ich dalszą rozbudowę, a także wdrożenie nowych ćwiczeń rozszerzających programy nauczania i szkolenia.

W trakcie realizacji zmodyfikowanych ćwiczeń dydaktycznych studenci mają możliwość poznania praktycznych aspektów realizacji badań termowizyjnych, poznając zasady prawidłowego ich wykonywania oraz oceny diagnostycznej pomiarów termowizyjnych.

Istnieje także możliwość zaobserwowania niekorzystnych zjawisk wpływających na wyniki i zaburzenia procesu pomiaru termowizyjnego jak np. zjawisko odbicia energii wypromieniowanej przez silnik elektryczny napędzający układ klimatyzacji. Nie bez znaczenia jest tu usytuowanie stanowisk w laboratorium np. w pobliżu okna lub kaloryfera.

W wyniku przeprowadzonej obserwacji termowizyjnej można stwierdzić prawidłowe działania badanych elementów elektrycznego wyposażenia, a także lokalizację uszkodzeń przy ich nieprawidłowej pracy.

Bibliografia:

1. Bednarek K., Bałchanowski T. Aspekty dydaktyczne oraz techniczne projektu i budowy stanowiska do badań samochodowych układów zapłonowych. *Poznań University of Technology Academic Journals. Electrical Engineering*, nr 82, 2015, ss 243-252
2. Krupa K. Koncepcje innowacyjnych pomocy dydaktycznych Pracowni Mechatroniki Samochodowej i ich zastosowanie w kształceniu studentów kierunku mechatronika, w: *Edukacja – Technika – Informatyka*, nr 3/17/2016
3. Mechatronika Wyposażenie Dydaktyczne Sp. z o.o. Stanowisko demonstracyjne system klimatyzacji pojazdu – climatronic. *Opis ćwiczeń*, Poznań 2018
4. Mechatronika Wyposażenie Dydaktyczne Sp. z o.o. Układy zapłonowe pojazdu. *Opis ćwiczeń*, Poznań 2018
5. Minkina W., *Pomiary termowizyjne – Przyrządy i metody*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2004.
6. Plich M., Stypułkowski K. Rozszerzenie zakresu badań alternatora o diagnostykę termowizyjną na stanowisku laboratoryjnym, w: *TTS Technika Transportu Szynowego*, nr 12/2015, 2015, ss. 1241-1244
7. Plich M., Stypułkowski K. Stanowiska laboratoryjne rozszerzające zakres ćwiczeń dydaktycznych elektrycznego wyposażenia pojazdów, w: *Logistyka: czasopismo dla profesjonalistów*, nr 6, 2014, ss. 8787-8794
8. Więcek B., De Mey G., *Termowizja w podczterwieni. Podstawy i zastosowania*, Warszawa, Wydawnictwo PAK, 2011.
9. www.behrhellaservice.com/beh-hella-service/assets/media/1334_AC_Broschuere_BHS_Direktkundenversion_PL.pdf

Selected issues in the field of electric vehicle equipment concerning the extension of the teaching and training programs

The article presents the extension of the measurement capabilities of two selected lab stands intended for the demonstration of a vehicle air conditioning system and automotive ignition systems. The modular structure of the stands allows to extend their measuring and research functionality of thermal imaging diagnostics. Such an extension of the scope of electrical equipment in stands also allows enrichment of the didactic program by expand of laboratory exercises. In the article was presented and discussed additional samples of thermograms taken at the stands.

Keywords: electric vehicle equipment, didactic test stands, thermovision measurements.

Autorzy:

dr inż. **Mieczysław Plich** – Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Systemów Informatycznych i Mechatronicznych w Transporcie, mplich@wt.pw.edu.pl.

dr inż. **Krzysztof Stypułkowski** – Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Systemów Informatycznych i Mechatronicznych w Transporcie, kst@wt.pw.edu.pl.