

KARTA INFORMACYJNA MODUŁU

DZIEKAN
ZATWIERDZAM
WYDZIAŁ Elektroniki WAT

prof. dr hab. inż. Andrzej DOBROWOLSKI

Nazwa modułu:	<i>Diagnostyka termowizyjna w energetyce</i>	<i>Thermovision diagnostics in power engineering</i>
Kod modułu:	WELDECNI-DTwe	
Język wykładowy:	polski	
Profil kształcenia:	ogólnoakademicki	
Forma studiów:	niestacjonarne	
Rodzaj studiów:	studia I stopnia	
Rodzaj modułu:	wybieralny	
Obowiązuje od naboru:	2017	
Forma zajęć, liczba godzin/rygor, razem godz., pkt ECTS:	np. W 20/+, L 8/+, razem: 28 godz., 2 pkt ECTS	
Moduły wprowadzające:	nazwa modułu / wymagania wstępne: analiza matematyczna 1/ podstawowe pojęcia i definicja z zakresu algebry, geometrii i trygonometrii, pojęcie całki oznaczonej fizyka 1 / podstawowe pojęcia z zakresu optyki geometrycznej i fizyki doświadczalnej	
Program:	semestr studiów / kierunek studiów / specjalność VI semestr / Energetyka / Elektroenergetyka	
Autor:	dr inż. Henryk POLAKOWSKI, dr inż. Tadeusz PIĄTKOWSKI	
Jednostka organizacyjna odpowiedzialna za moduł	Instytut Optoelektroniki	
Skrócony opis modułu:	Wprowadzenie w problematykę pomiarów termowizyjnych w energetyce poprzedzone zapoznaniem z podstawami teoretycznymi pomiarów termowizyjnych rozróżnienie pojęć energia wewnętrzna, ciepło, temperatura, pole temperatury. Charakterystyka i właściwości promieniowania cieplnego. Prawa promieniowania ciała czarnego i promieniowanie obiektów rzeczywistych. Kontaktowe i radiometryczne metody pomiaru temperatury. Elementy pomiarów pirometrycznych. Budowa i parametry kamer termowizyjnych. Podstawy analizy termogramów. Obsługa kamery. Przygotowania do prowadzenia pomiarów termowizyjnych. Analiza sytuacji pomiarowej. Specyfika pomiarów w energetyce. Zasady bezpieczeństwa pomiarów i techniki pomiarowe w warunkach przemysłowych. Badania porównawcze, diagnostyka stanu technicznego urządzeń energetycznych. Przegląd zastosowań termowizji.	
Pełny opis modułu (treści programowe):	Wykłady /metody dydaktyczne Tematy kolejnych zajęć / liczba godzin / krótki opis treści zajęć 1. Podstawy teoretyczne pomiarów termowizyjnych / 2 godz. / Energia wewnętrzna, ciepło, temperatura, pole temperatury gradient temperatury. 2. Wymiana energii wewnętrznej z otoczeniem / 2 godz. / Omówienie me-	

chanizmów zjawiska przewodzenia, konwekcji i promieniowania ciepłego (temperaturowego) oraz ich wpływu na rozkład pola temperatury na powierzchni obserwowanych obiektów.

3. Promieniowanie temperaturowe obiektów rzeczywistych. / 2 godz. / Prawa promieniowania ciała czarnego. Współczynniki charakteryzujące przechodzenie promieniowania przez dowolny ośrodek półprzezroczysty. Charakterystyka powierzchni idealnych i powierzchni rzeczywistych obiektów. Klasyfikacja powierzchni obiektów ze względu na wartości współczynników: odbicia, przepuszczania i emisyjności. Rzeczywiste warunki pomiaru. Parametry mierzonych obiektów..

4. Wpływ parametrów geometrycznych badanych obiektów na wyniki pomiarów termowizyjnych. / 2 godz./ Promieniowanie wnętrza. Właściwości optyczne materiałów transmisyjnych stosowanych w technice termowizyjnej i atmosfery oraz ich wpływ na pomiary temperatury.

5. Podstawy pirometrii w podczerwieni./ 2 godz./ Skale temperatury i punkty termometryczne. Kontaktowe i radiometryczne metody pomiaru temperatury. Budowa i rodzaje pirometrów podczerwieni. Charakterystyka układów optycznych pirometrów podczerwieni. Pirometryczny pomiar temperatury: specyfika metody oraz jej możliwości. Metodyka pomiarów radiometrycznych. Zasady poprawnego pomiaru pirometrami podczerwieni.

6. Budowa i parametry kamer termowizyjnych. / 2 godz./ Rozdzielczość temperaturowa i przestrzenna kamery termowizyjnej. Pole widzenia. Zakres widmowy. Zakres pomiaru temperatury dokładność rozdzielczość.

7. Przygotowania do prowadzenia pomiarów termowizyjnych. / 2 godz./ Sens fizyczny i metoda pomiaru tzw. „odbitej temperatury pozornej”. Praktyczne metody wyznaczanie emisyjności badanych obiektów. Analiza jakościowa termogramów. Charakterystyka badanych obiektów: symetria, kontrast. Raport z pomiarów

8. Prezentacja i obsługa kamery termowizyjnej. / 2 godz./ Metodyka przygotowania pomiarowej kamery termowizyjnej do pracy: ustawienie parametrów obiektu, dobór zakresu pomiarowego i czułości oraz trybu pracy (automatyczny – manualny).

9. Pomiary termowizyjne w energetyce. / 2 godz./ Zasady bezpieczeństwa pomiarów termowizyjnych i techniki pomiarowe w warunkach przemysłowych. Badania porównawcze, diagnostyka stanu technicznego urządzeń energetycznych, stacji transformatorowych rozdzielni itp. Badania linii przesyłowych oraz stanu technicznego izolacji ciepłociągów.

10. Zastosowania kamer termowizyjnych. / 2 godz./ Zastosowania obserwacyjne: wojskowe, policyjne, systemy ochrony obiektów i granic, ratownictwo, straż pożarna, zastosowania komercyjne – samochodowe systemy wspomagania widzenia we mgle. Zastosowania pomiarowe: badania naukowe, badania nieniszczące, diagnostyka techniczna maszyn, urządzeń oraz instalacji elektrycznych i ciepłowniczych,. Specjalne zastosowania kamer termowizyjnych: lotniska, stacje kosmiczne. 2 godz.

Laboratoria /metody dydaktyczne

Tematy kolejnych zajęć / liczba godzin / krótki opis treści zajęć

L1. Wyznaczenie tzw. "odbitej temperatury pozornej" za pomocą kamery termowizyjnej. /2 godz./ Uruchomienie i wprowadzenie nastaw początkowych do kamery termowizyjnej (wg. metodyki opisanej w instrukcji do ćwiczenia). Zarejestrowanie termogramu próbki dyfuzyjnej powierzchni odbijającej wg. metodyki opisanej w instrukcji do ćwiczenia. Przeniesienie z kamery termowizyjnej termogramu i obrazu widzialnego badanej próbki dyfuzyjnej powierzchni odbijającej do indywidualnego katalogu na PC. Zapoznanie się z wybranymi, niezbędnymi funkcjami edycyjnymi i pomiarowymi programu do analizy termogramów. Wyznaczenie podstawowych parametrów statystycznych pola temperatury dla zaznaczonego obszaru badanej powierzchni oraz porównanie wartości średniej temperatury z wynikiem pomiaru „punktowego” wykonanego kamerą termowizyjną. Wykonanie sprawozdania z przeprowadzonego pomiaru w postaci raportu, zgodnie z

	metodyką o formą omówioną na wykładzie nr 7, oraz napisanie wniosków zawierających interpretację uzyskanych wyników. L2. Pomiar elementów energetycznych, analiza termogramów. /2 godz. / Zapoznanie z budową i możliwościami pomiarowymi przenośnej kamery termowizyjnej z detektorem mikrobolometrycznym używanej jako narzędzie diagnostyczne. Zarejestrowanie termogramów (oraz skojarzonych obrazów w zakresie widzialnym) przykładowych elementów elektrycznych i wizualna identyfikacja symulowanych stanów awaryjnych. Przeniesienie zarejestrowanych termogramów do komputera. Poznanie podstawowych funkcji oprogramowania do analizy i sporządzania raportów diagnostycznych. Analiza zarejestrowanych obrazów termowizyjnych (wykrywanie anomalii termicznych, identyfikacja i klasyfikacja stanów awaryjnych na podstawie zarejestrowanych przyrostów temperatury, wypracowanie zaleceń naprawczych). Raport końcowy stworzony w stosowanym oprogramowaniu stanowi sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia L3. Bezkontaktowe pomiary temperatury głowicą pirometryczną. / 2 godz. W części wstępnej wyznaczana jest charakterystyka kalibracja głowicy pirometrycznej. Mierzona jest odpowiedź prądowa przemysłowej głowicy pirometrycznej dla podanego zakresu temperatury ciała czarnego. Zapisywana jest także odpowiedź prądowa dla powierzchni dłoni wykonującego ćwiczenie. Na podstawie uzyskanej charakterystyki określana jest temperatura wnętrza dłoni (jej parametry statystyczne, wartość średnia oraz średnie odchylenie kwadratowe). Wnioski zawierają omówienie źródeł błędów kalibracji głowicy pirometrycznej, omówienie funkcji aproksymującej temperaturę/prąd oraz ocenę poprawności wykonanego pomiaru. W drugiej części każdy z wykonujących otrzymuje pirometr przenośny. Zapoznaje się z podstawowymi parametrami urządzenia oraz jego obsługą. Następnie wykonywane są dwie serie pomiarowe dla odpowiednich nastaw współczynnika emisyjności. Wnioski opracowywane są podczas zajęć i zawierają dyskusję otrzymanych wyników uwzględniającą (badany materiał, katalogową wartość jego emisyjności, morfologię powierzchni, źródła błędów pomiaru). Sprawozdanie wykonywane jest w postaci pliku Worda. Przetwarzanie danych i prezentacja wyników w postaci wykresów wykonywane są w programie Excel. L4. Pomiar temperatury wybranych powierzchni kamerą termowizyjną /2 g / Wykonujący ćwiczenie ma za zadanie wykonać pomiar temperatury kamerą termowizyjną wskazanej płytki (nieznanej emisyjności) oraz płytki odniesienia (referencyjnej – o znanej emisyjności), przy czym temperatura płytek ustalona jest przez termostat. Pomiar temperatury wykonywany jest przy dwóch zastawach współczynnika emisyjności. Korzystając z programu, ThermaCam Researcher, wyznaczamy wartości średnie temperatury dla powierzchni badanych płytek. We wnioskach należy opisać przyczyny zróżnicowania odczytu temperatury radiacyjnej z odczytu punktowego i wartości średniej z termogramu badanych powierzchni oraz temperatury mierzonej metodą kontaktową.
Literatura:	Podstawowa: 1) <i>Praca zbiorowa pod redakcją H. Madury, Pomiary termowizyjne w praktyce</i>, Wyd. PAK, 2005 r 2) <i>Reidar Gustavsson, Thermography. A practical approach</i>. NORBO KraftTeknik AB, ISBN 978-91-974844-3-5 3) <i>Sala, Radiacyjna wymiana ciepła</i>, 1982 r. 4) <i>Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości, Technika świetlna, PN-90/E01005</i>, 1991 r.; Uzupełniająca: 1) <i>B. Więcek, G. De Mey, Termowizja w podczerwieni. Podstawy i zastosowania</i>, Wyd. PAK, Warszawa 2011 2) <i>W. L. Wolfe, Introduction to Radiometry</i>, 1998 r.; 3) <i>R. D. Hudson, Infrared System Engineering</i>, 1980 r.
Efekty kształcenia:	Symbol i nr efektu modułu / efekt kształcenia / odniesienie do efektu kierunkowego

	W1 Ma wiedzę obejmującą podstawy teoretyczne pomiarów termowizyjnych praw promieniowania ciała czarnego i powierzchni rzeczywistych. Zna radiacyjne i transmisyjne właściwości materiałów i ośrodków optycznych w zakresie podczerwieni / K_W02 W2 Zna zasady radiometrycznych metod pomiaru temperatury, budowę, zasadę działania i obsługę kamer termowizyjnych, podstawy analizy jakościowej i ilościowej termogramów. Zna zasady bezpieczeństwa pomiarów termowizyjnych i techniki pomiarowe w warunkach przemysłowych, podstawowe zasady badań porównawczych i diagnostyki stanu technicznego urządzeń energetycznych / K_W02, K_W03 U1 Potrafi posługiwać się kamerą termowizyjną oraz zastosować metodykę pomiaru odbitej temperatury pozornej i emisyjności powierzchni. /K_U01 U2 Potrafi samodzielnie wykonać badanie termowizyjne na symulatorze stanu awaryjnego elementu energetycznego, zredagować raport z pomiaru. / K_U02 U3 Potrafi przeprowadzić podstawową analizę termogramy, korzystać z literatury i instrukcji przyrządów pomiarowych napisanych w języku polskim i angielskim. / K_U03 K1 Rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego doskonalenia się i podnoszenia kompetencji zawodowych. / K_K01 K2 Ma świadomość ważności i rozumie szeroki zakres użytkowego zastosowania termowizji w innych dziedzinach działalności człowieka. / K_K02, K_K04
Metody i kryteria oceniania (sposób sprawdzania osiągnięcia przez studenta zakładanych efektów kształcenia) :	Przedmiot zaliczany jest na podstawie: zaliczenia na ocenę Ćwiczenia laboratoryjne zaliczane są na podstawie: ocen z kolokwium pisemnego przed każdym ćwiczeniem, obejmujące zagadnienia teoretyczne omówione na wykładzie, oraz samodzielne wykonywanie ćwiczenia laboratoryjnego i oceny sprawozdania, które opracowywane jest indywidualnie podczas zajęć. Zaliczenie przedmiotu na ocenę jest realizowane na podstawie średniej oceny z wejściówek. Warunkiem dopuszczenia do zaliczenia jest pozytywna ocena końcowa z ćwiczeń laboratoryjnych. Nieobecność na zajęciach laboratoryjnych równoznaczna jest z oceną „zero” liczoną do średniej wartości oceny końcowej z zajęć. W przypadkach wyjątkowych (nagła choroba, wypadek losowy) możliwe jest wykonanie ćwiczenia w jednym uzgodnionym terminie dodatkowym Osiągnięcie efektów W1, W2, K1, K2. - weryfikowane jest na pisemnych kolokwium poprzedzających ćwiczenie laboratoryjne Osiągnięcie efektów U1, U3, U3 – sprawdzane jest podczas wykonywania ćwiczeń laboratoryjnych i na podstawie samodzielnie wykonanych sprawozdań Ocenę bardzo dobrą otrzymuje student, który osiągnął zakładane efekty kształcenia na poziomie 91-100%. Ocenę dobrą plus otrzymuje student, który osiągnął zakładane efekty kształcenia na poziomie 81-90%. Ocenę dobrą otrzymuje student, który osiągnął zakładane efekty kształcenia na poziomie 71-80%. Ocenę dostateczną plus otrzymuje student, który osiągnął zakładane efekty kształcenia na poziomie 61-70%. Ocenę dostateczną otrzymuje student, który osiągnął zakładane efekty kształcenia na poziomie 51-60%. Ocenę niedostateczną otrzymuje student, który osiągnął zakładane efekty kształcenia na poziomie równym lub niższym niż 50%. Ocenę uogólnioną zal. otrzymuje student, który osiągnął zakładane efekty kształcenia na poziomie wyższym niż 50%. Ocenę uogólnioną nzal. otrzymuje student, który osiągnął zakładane efekty kształcenia na poziomie równym lub niższym niż 50%.
Bilans ECTS	aktywność / obciążenie studenta w godz

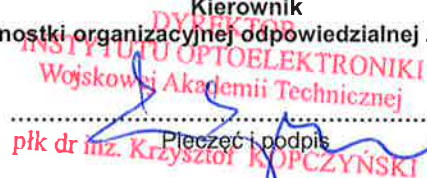
(nakład pracy studenta):	1. Udział w wykładach / 20 2. Samodzielne studiowania tematyki wykładów / 10 3. Udział w laboratoriach / 8 4. Przygotowania do laboratoriów i opracowanie sprawozdań / 8 5. Udział w konsultacjach / 4 6. Przygotowanie do zaliczenia / 7 Sumaryczne obciążenie pracą studenta: 57 / 2 ECTS Zajęcia z udziałem nauczycieli: 1.+ 3.+ 5.=32/ 1 ECTS Zajęcia o charakterze praktycznym: 3.+4.=16/ 0,5 ECTS6.
--------------------------	---

Autor/autorzy


.....
Podpis / podpisy

Kierownik

jednostki organizacyjnej odpowiedzialnej za moduł


.....
Pleczeć i podpis
płk dr inż. Krzysztof KOPCZYŃSKI

