

Artur Polak, Marcin Barański
BOBRME Komel, Katowice

TERMOGRAFICZNE BADANIA MASZYN ELEKTRYCZNYCH – NA CO NALEŻY ZWRÓCIĆ UWAGĘ

TERMAL TESTS OF ELECTRICAL MACHINES – WHAT TO DRAW ATTENTION ON

Abstract: This article presents information about issues requiring particular attention during thermal tests of electrical machines. It presents mistakes that can be made and describes the influence of parameters such as: relative humidity, reflected temperature, atmospheric temperature, distance from an object and emissivity, on the results of the tests.

1. Wstęp

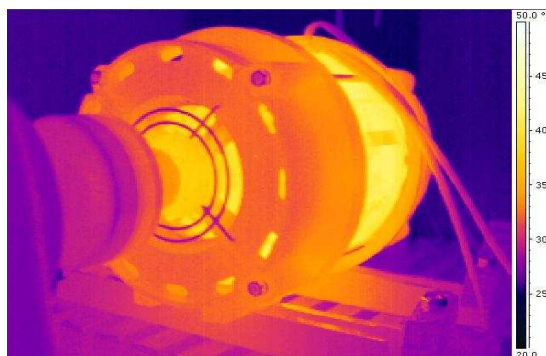
Termografia zwana potocznie termowizją opiera się na detekcji i rejestracji promieniowania podczerwonego emitowanego przez objekty, których temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego i przekształceniu tego promieniowania na światło widzialne. Otrzymany obraz termalny jest odwzorowaniem pola temperaturowego na powierzchni badanego obiektu. Jest to możliwe dzięki temu, że moc promieniowania ciał jest zależna od ich własności promiennych. Badania takie można wykonywać za pomocą kamer termowizyjnych. Współczesna termowizja umożliwia cyfrową rejestrację rozkładu temperatur badanego obiektu. Tak powstała "mapa temperatur" jest następnie interpretowana graficznie - każdej temperaturze przypisywany jest inny kolor, dzięki czemu w wizjerze widziany jest termiczny obraz obiektu. Ponieważ zapisywane dane w praktyce są mapą temperatur obiektu, ten sam obiekt, w zależności od przyjętej skali barw oraz jej relacji do skali temperatur, może wyglądać różnie. System termowizyjny jest, więc rodzajem niezwyklego termometru, który pozwala mierzyć temperaturę na odległość w wielu miejscach jednocześnie.

Diagnostyka termograficzna to efektywna i nieinwazyjna metoda diagnostyczna oparta o pomiary termowizyjne, gdzie za pomocą kamery uzyskuje się obraz pola temperaturowego badanego obiektu oraz zdalny pomiar temperatury z rozdzielczością zależną od rodzaju przetwornika, w jaki wyposażono kamerę. Obecny standard to 0,1 °C. Podstawową zaletą tej metody jest fakt, że pomiary dokonywane są podczas normalnej pracy.

2. Błędy, które można popełnić podczas badań maszyn elektrycznych

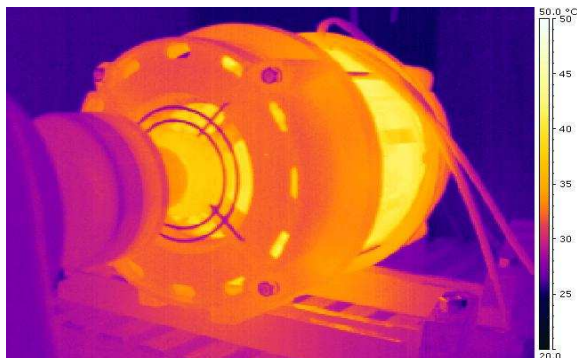
Aby dokonać dokładnego pomiaru rozkładu temperatur maszyny elektrycznej, niezbędne jest skompensowanie wpływu różnych źródeł promieniowania. Jest to dokonywane automatycznie przez kamerę, po wprowadzeniu do niej opisanych parametrów obiektu:

- wilgotność powietrza,
- temperatura odbita pozorną,
- odległość między obiektem a kamerą,
- temperatura otoczenia,
- współczynnik emisyjności.



Rys.1. Obiekt i jego termogram z poprawnie wprowadzonymi parametrami

a) wpływ wilgotności powietrza na pomiar kamerą termowizyjną



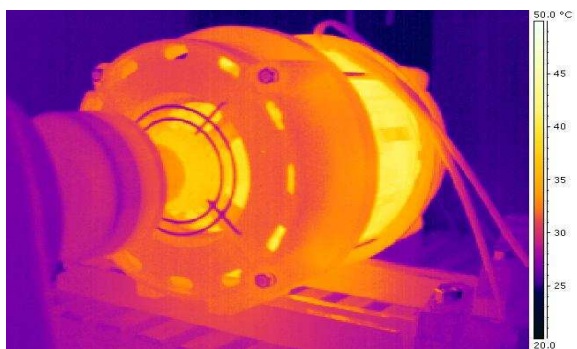
Rys. 2. Termogram z błędnie wprowadzoną wilgotnością powietrza

	ϑ_{MIN} [°C]	ϑ_{MAX} [°C]	Wilgotność [%]
Poprawne parametry	24.5	42.0	50
Błędne parametry	24.6	41.9	95

Jak widać z powyższej tabeli błędne określenie wilgotności powietrza nie ma większego wpływu na określenie rozkładu temperatur badanej maszyny.

b) temperatura odbita pozorną

Ten parametr służy do kompensacji promieniowania odbijanego przez obiekt. Prawidłowe ustawienie i kompensacja odbitej temperatury pozornej są istotne w przypadku niskiej emisyjności i stosunkowo dużej różnicy pomiędzy temperaturą maszyny elektrycznej a temperaturą odbitą.



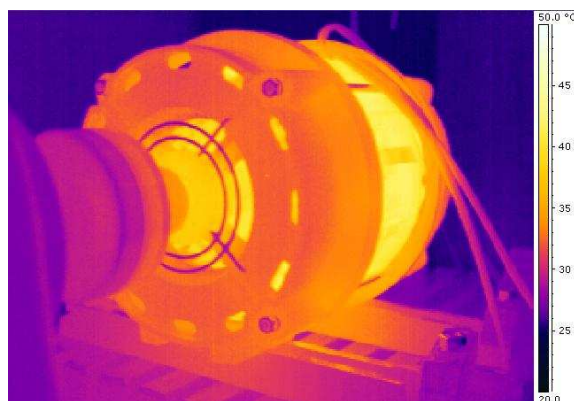
Rys. 3. Wpływ błędnego określenia temperatury odbitej pozornej

	ϑ_{MIN} [°C]	ϑ_{MAX} [°C]	$\vartheta_{\text{odb poz}}$ [°C]
Poprawne parametry	24.5	42.0	24.6
Błędne parametry	24.0	41.6	34.6

Powyższa tabela obrazuje zmianę rozkładu temperatur badanej maszyny przy zmianie temperatury odbitej pozornej o 10 °C. Przy dokładności $\pm 2^\circ\text{C}$ kamery termowizyjnej posiadanej przez BOBRME „Komet” różnica 0.5 °C jest mało znacząca.

c) wpływ na wynik badania odległości między obiektem a kamerą termowizyjną

Wybór właściwej odległości dla wykorzystywanego obiektywu (lub odwrotnie) ma wysoki wpływ na rzetelność wyników badań elementów o małych rozmiarach. Jeśli odległość zostanie źle dobrana (będzie za duża) to małe gabarytowo punkty w czasie badań mogą pozostać nie wykryte. Natomiast, jeżeli błędnie wprowadzimy do parametrów kamery termowizyjnej odległość od badanej maszyny to wpływ tego na otrzymane wyniki będzie mało istotny, co obrazuje poniższa tabela – gdzie uzyskano różnicę wynoszącą: 0,6 °C przy wprowadzeniu odległości z dwudziestokrotnym błędem.

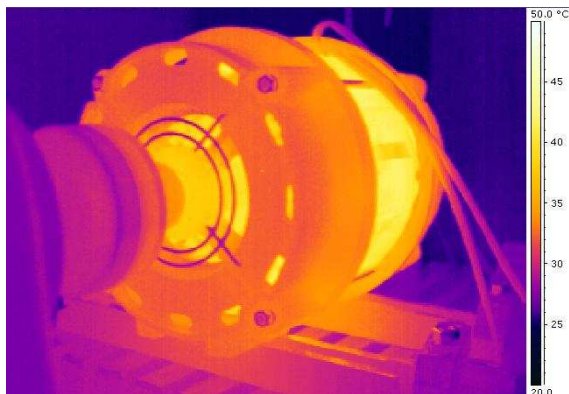


Rys. 4. Wpływ błędnego określenia temperatury odbitej pozornej

	ϑ_{MIN} [°C]	ϑ_{MAX} [°C]	Odległość [m]
Poprawne parametry	24.5	42.0	0.5
Błędne parametry	23.9	41.5	10.0

d) wpływ temperatury otoczenia na wynik badania kamerą termowizyjną

Niewłaściwe określenie temperatury otoczenia w parametrach kamery nie ma dużego wpływu na wyniki przeprowadzonych badań.



Rys. 5. Wpływ błędnego określenia temperatury otoczenia

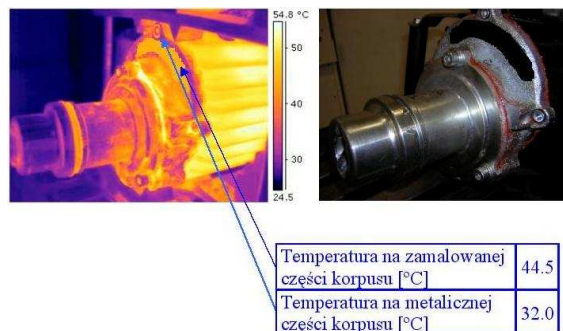
	$\vartheta_{\text{MIN}} [^{\circ}\text{C}]$	$\vartheta_{\text{MAX}} [^{\circ}\text{C}]$	$\vartheta_{\text{ot.}} [^{\circ}\text{C}]$
Poprawne parametry	24.5	42.0	24.6
Błędne parametry	24.6	41.6	34.6

Jak widać w powyższej tabeli zmiana temperatury otoczenia o 10 °C przyniosła zmianę temperatury obiektu o 0.4 °C, co przy dokładności kamery nie ma większego znaczenia.

e) wpływ współczynnika emisyjności na wyniki przeprowadzanych badań

Jest to najważniejszy parametr obiektu, który należy poprawnie wprowadzić. Emisyjność, w uproszczeniu jest miarą intensywności promieniowania emitowanego z obiektu w stosunku do intensywności promieniowania doskonale czarnego w tej samej temperaturze. Materiały obiektów i ich obrobione powierzchnie charakteryzują się emisyjnością zakresie od 0.1 do 0.95. Dobrze wypolerowane (lustrzane) powierzchnie mają emisyjność poniżej 0.1. Farba olejna, niezależnie od jej koloru w świetle widzialnym, ma w obszarze podczerwieni współczynnik emisyjności wynoszący ponad 0.9.

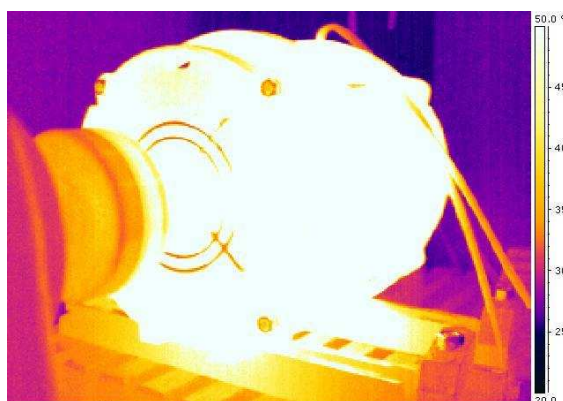
Jak ukazuje Rys.6. właściwe określenie współczynnika emisyjności ma bardzo duże znaczenie. W miejscu zamalowanym czarną farbą (dla której właściwie dobrano emisyjność) kamera termowizyjna zarejestrowała temperaturę o 12.5 °C wyższą niż centymetr obok, gdzie metalicznego korpusu nie pokryto powłoką o znanym współczynniku emisyjności.



Rys. 6. Emisyjność w pomiarach termowizyjnych maszyn elektrycznych

Określanie właściwego współczynnika emisyjności jest bardzo proste. Wystarczy na element maszyny o nieznannej emisyjności nakleić kawałek taśmy o znanym współczynniku (zazwyczaj 0.97). Następnie należy podgrzać równomiernie obiekt do temperatury wyższej od pokojowej, o co najmniej 20 K. Kolejnym krokiem jest zarejestrowanie termogramu za pomocą kamery z ustawionym współczynnikiem emisyjności o wartości 0.97. Z powstałego obrazu termowizyjnego odczytać należy temperaturę taśmy. Następnie należy skierować kamerę na obszar pozbawiony taśmy i tak zmieniać współczynnik emisyjności w kamerze, aż temperatura maszyny będzie taka sama jak temperatura wcześniej zmierzonej taśmy.

Błędnie określony współczynnik emisyjności skutkuje rozbieżnościami między temperaturą rzeczywistą, a wskazywaną przez kamerę (widoczne poniżej gdzie temperatura obiektu odbiega od rzeczywistej o 42.7 °C), co sprawia, że uzyskane wyniki nie mogą być wykorzystane w procesie badawczym, a przyjęte jako poprawne mogą być powodem błędnych diagnostyk lub wniosków z badań.



Rys. 7. Wpływ błędnego określenia współczynnika emisyjności

	ϑ_{MIN} [°C]	ϑ_{MAX} [°C]	Wsp. emisyj.
Poprawne parametry	24.5	42.0	0.9
Błędne parametry	31.3	84.7	0.2

3. Metodyka badań

Przedstawienie szczegółowych zasad postępowania w badaniach jest bardzo trudne. Istnieje jednak zbiór zasad, które powinny być zastosowane do każdej aplikacji:

- ustalenie celu badań,
- rozpoznanie obiektu badań,
- rozpoznanie warunków technicznych i środowiskowych obiektu,
- wykonanie badań,
- opracowanie wyników pomiarów i edycja sprawozdania,



4. Podsumowanie

Termografia jest nieinwazyjną i efektywną metodą diagnostyczną stosowaną podczas badań elektrycznych. Powszechność stosowania termowizji jest uzależniona w znaczącym stopniu od cen kamer obecnie dostępnych na rynku. Jesteśmy przekonani, że termografia będzie jedną podstawowych technologii wykorzystywanych przez zespoły badające maszyny elektryczne i służby utrzymania ruchu. Lecz nie można zapomnieć, iż samo posiadanie na wyposażeniu kamery termowizyjnej jest tylko warunkiem koniecznym w realizacji tej formy badań. W celu przeprowadzenia użytecznych badań diagnostycznych konieczne jest posiadanie dostatecznej wiedzy związanej z eksploatacją maszyn, ich budową oraz zjawiskami termicznymi zachodzącymi w obrębie maszyn wirujących i urządzeń elektrycznych.

Literatura

- [1]. Materiały szkoleniowe Laboratorium Maszyn Elektrycznych BOBRME „Komet”,
- [2]. Opracowania własne BOBRME „Komet”.

Autorzy

dr inż. Artur Polak
mgr inż. Marcin Barański
BOBRME Komet,
41-209 Sosnowiec,
ul. Moniuszki 29;
tel. (032) 299-93-81 wew.21;
e-mail: labor@komet.katowice.pl