

## Zastosowanie termowizji w elektroenergetyce

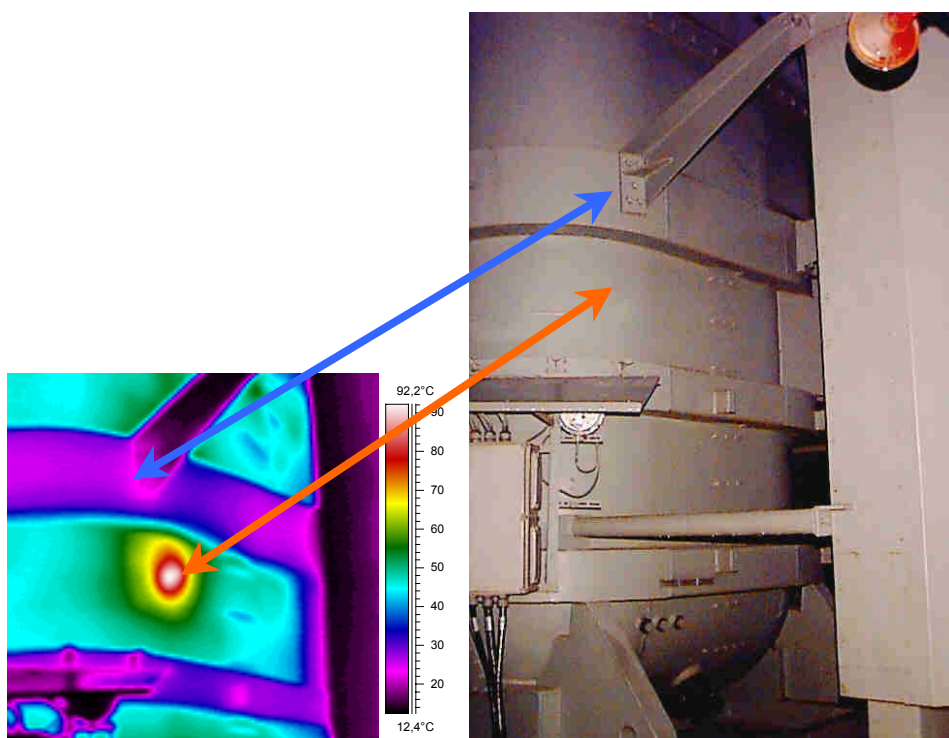
Kazimierz Kwaśnik – PSE – Wschód Sp. z o.o. – Radom

Zbigniew Rymarczyk – Instytut Techniki Grzewczej i Sanitarnej – Radom

### Wprowadzenie

Termowizja (termografia) jest metodą badawczą polegającą na zobrazowaniu, rejestracji i interpretacji rozkładu temperatury na powierzchni badanych obiektów. Jest to metoda pośrednia. Urządzenie termowizyjne odbiera promieniowanie podczerwone wysyłane przez obiekt, które zamieniane jest na impulsy elektryczne proporcjonalne do jego mocy. Ponieważ moc promieniowania zależy min. od temperatury obiektu, stąd wyniki badań termowizyjnych przedstawia się najczęściej w postaci powierzchniowych rozkładów temperatury.

Uzyskane za pomocą urządzeń termowizyjnych obrazy noszą nazwę termogramów. Na rys. 1 przedstawiono przykładowy, barwny termogram fragmentu powierzchni transformatora z uproszczoną interpretacją jakościową obrazu.



Rys. 1. Fragment bocznej powierzchni transformatora blokowego.

Strzałka „niebieska” wskazuje na powierzchni transformatora miejsce o temperaturze niższej (ok. 30 °C), zaś strzałka „czerwona” identyfikuje obszar o podwyższonej temperaturze (ok. 100 °C). Przybliżoną wartość temperatury odpowiadającej danej barwie można odczytać na podstawie umieszczonej obok termogramu skali barwnej. W praktyce, w celu dokładniejszego określenia temperatury korzysta się z funkcji wykorzystywanego do analizy termogramów programu (np. programu Irwin Report 5.3.1 firmy FLIR SYSTEMS AB).

Na obraz uzyskiwany za pomocą urządzenia termograficznego wpływają przede wszystkim takie czynniki, jak:

- temperatura badanego obiektu,
- widmowy zakres czułości aparatury termograficznej,
- emisyjność materiałów badanego obiektu,
- geometria badanego obiektu.

Promieniowanie podczerwone zajmuje w widmie fal elektromagnetycznych zakres długości fal od 0,78 do 1000  $\mu\text{m}$ . Promieniowanie to emituje każdy obiekt o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego. W termografii wykorzystuje się najczęściej przedział długości fal od 3 do 5  $\mu\text{m}$  (urządzenia pracujące w tym zakresie fal nazywane są krótkofalowymi - SWB) lub od 8 do 12  $\mu\text{m}$  (urządzenia pracujące w tym zakresie fal nazywane są długofalowymi - LWB). Wybór tych zakresów związany jest z właściwościami emisyjnymi badanych obiektów (temperatura, emisyjność) oraz dobrą transmisją atmosfery w tych przedziałach długości fal.

W celu określenia temperatury obiektu operator musi wprowadzić do obliczeń min. następujące dane:

- współczynnik emisyjności,
- odległość obiekt - kamera w celu wyznaczenia transmisji atmosfery,
- temperaturę atmosfery,
- temperaturę odbitego od obiektu promieniowania otoczenia (w większości przypadków zakłada się, że jest równa temperaturze atmosfery).

## **System zarządzania jakością i bezpieczeństwem pracy a diagnostyka urządzeń elektroenergetycznych**

Zapewnienie ciągłości dostawy energii elektrycznej wymaga stałej sprawności wszystkich urządzeń stosowanych do wytwarzania oraz przesyłania energii w trakcie ich eksploatacji. Oczywistym jest, że w przypadku, gdy ruch urządzenia energetycznego stwarza

zagrożenie bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia, ewentualnie może spowodować zniszczenie tego urządzenia, należy wstrzymać jego ruch. W przypadku eksploatacji dużych systemów elektroenergetycznych wstrzymanie ruchu stwarza wiele problemów. Wynika stąd wniosek, że w działaniach mających na celu podniesienie niezawodności działania systemów elektroenergetycznych, wyeliminowania wypadków porażenia prądem i ograniczenia strat materialnych należy działać według schematu spójnego z Systemem Zarządzania Jakością czy też Bezpieczeństwem i Higieną Pracy. Działania w omawianym zakresie powinny wpisywać się w Cykl Deminga (zwany cyklem PDCA) stosowanym do ciągłego doskonalenia wszystkich działań i procesów w systemach zarządzania przez jakość. Cykl ten obejmuje cztery podstawowe etapy:

P – planowanie zmian ukierunkowanych na poprawę procesu lub działania operacyjnego,

D – wdrożenie zaplanowanej zmiany (testowanie procesu lub działania po wprowadzeniu zmiany),

C – analiza skuteczności wprowadzonej zmiany w odniesieniu do oczekiwanych rezultatów,

A – podjęcie decyzji o zaadoptowaniu wprowadzonych zmian lub ponowne poszukiwanie i planowanie innych zmian ukierunkowanych na poprawę skuteczności procesu lub działania.

W przypadku, gdy nie było prowadzonych wcześniej działań systemowych – cykl PDCA powinien być poprzedzony przeglądem wstępnym – O. Zatem zmodyfikowany system działań w takiej sytuacji powinien być przedstawiony symbolicznie O-PDCA. Działania w zakresie diagnostyki urządzeń elektroenergetycznych, w tym z użyciem metody termowizyjnej, wpisują się w elementy systemu działań O-PD.

Na podstawie przeglądu wstępnego „O” można zidentyfikować zagrożenia i nieprawidłowości w działaniu urządzeń. Nieprawidłowości te powinny być nadzorowane. Można je usunąć w zaplanowanych i realizowanych pracach remontowych, przy czym szybkość działania w zakresie usunięcia nieprawidłowości powinna być adekwatna do istniejącego zagrożenia i kosztów usunięcia nieprawidłowości.

Przegląd wstępny ma swoje konsekwencje w planowaniu działań „P” mających na celu min. usuwanie potencjalnych przyczyn awarii; ułatwia określenie niezbędnych zasobów ludzkich i materialnych ukierunkowanych na podwyższenie niezawodności działania.

Wdrożenie działań „D” wymaga także kontroli, czy podjęte działania w zakresie usuniętych już potencjalnych przyczyn awarii były skuteczne.

Proaktywna identyfikacja zagrożeń związanych z niewłaściwym stanem połączeń prądowych za pomocą metody termograficznej, przed wystąpieniem awarii, jest postępowaniem właściwszym, niż naprawa urządzeń po awarii, która powoduje

niespodziewane przerwy w dostawie energii elektrycznej. Oczywistym jest, że należy stosować także działania reaktywne, polegające na analizowaniu przyczyn awarii, które wystąpiły w przeszłości. Jednakże zdecydowanie korzystniejsza jest metoda proaktywna.

Co prawda, z uwagi na znacznie mniejsze zapotrzebowanie na energię elektryczną obecnie obciążenie niektórych urządzeń elektrycznych jest mniejsze, a zatem i awarie nie są tak częste, a ich zakres i skutki ograniczone. Jednakże, jeżeli chcemy postępować zgodnie z ideą ujętą w systemach zarządzania jakością usług w sferze produkcji i dystrybucji energii, czy też zgodnie z ideą zarządzania bezpieczeństwem pracy, gdzie nacisk położony jest na proaktywne wykrywanie zagrożeń, powinniśmy raczej wybrać wariant związany z okresowymi przeglądami i diagnostyką urządzeń. Taka filozofia działania jest realizowana w krajach Unii Europejskiej i USA.

Wspólna cechą systemów zarządzania jakością (normy PN ISO serii 9000), środowiskowego (normy PN EN ISO serii 14000), bezpieczeństwa pracy (PN-N-18000) jest *dążenie do zapobiegania, zamiast usuwania skutków błędnego działania*. Wcześniej wykryte defekty objawiające się np. anomaliami temperaturowymi, mogą być usunięte w sposób zaplanowany - zapobiega się w ten sposób poważniejszym awariom. Nie wykryte - mogą być przyczyną awarii prowadzących nawet do wypadków śmiertelnych i dużych strat materialnych w przypadku rozwoju anomalii.

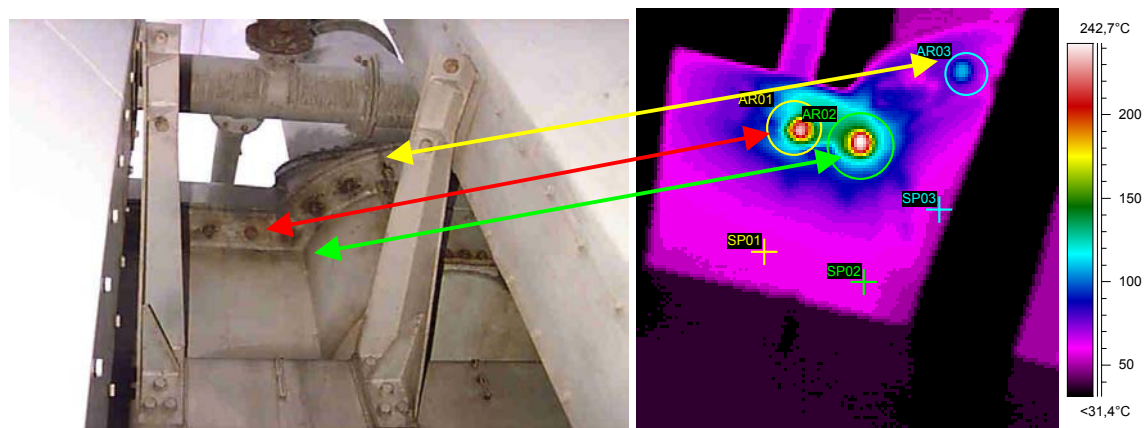
Przedstawione wyżej działania zgodne z filozofią systemów zarządzania jakością są od dawna obecne w filozofii działania PSE Wschód – Sp. z o.o. Przejawia się to w działaniach technicznych i organizacyjnych na rzecz utrzymywania systemu elektroenergetycznego w stałej sprawności. Działania takie znalazły potwierdzenie min. w uzyskaniu Certyfikatu Systemu Zarządzania Jakością na zgodność z Normą ISO 9002.

Polskie Sieci Elektroenergetyczne – Wschód Sp. z o.o. dostrzegają korzyści z działań w zakresie proaktywnego działania na rzecz wcześniejszego wykrywania anomalii temperaturowych świadczących o nieprawidłowej pracy urządzeń z zastosowaniem termowizyjnej metody badań. Przedstawione wyżej działania spowodowały, że dokonuje się:

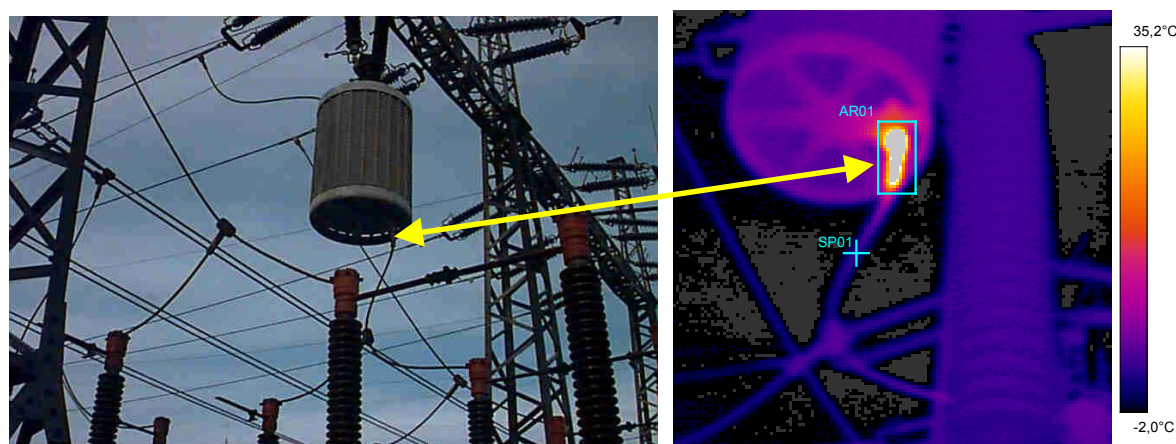
- co dwa lata, diagnostyki technicznej urządzeń elektroenergetycznych na terenie wszystkich stacji elektroenergetycznych z obszaru działania,
- raz na dziesięć lat, diagnostyki technicznej napowietrznych linii elektroenergetycznych wysokich napięć.

## Przykładowe wyniki badań termowizyjnych

Niżej przedstawiono przykładowe wyniki badań wybranych urządzeń elektroenergetycznych. Zasada wykrywania wadliwych połączeń opiera się na wykorzystaniu zjawiska przyrostu temperatury w miejscu wadliwego połączenia prądowego (związanego ze wzrostem rezystancji połączenia wskutek np. niedokręcenia śruby, utleniania czy też innych zjawisk prowadzących do pogorszenia styku) w stosunku do przewodu doprowadzającego. Zjawisko takie może doprowadzić w konsekwencji do awarii, gdyż elementy o podwyższonej temperaturze częściej ulegają uszkodzeniom.



Rys.2. Wysoka temperatura śrub łączących kadź z pokrywą, pomiędzy chłodnicami w miejscach oznaczonych AR01, AR02, AR03. Maksymalne temperatury w tych obszarach wynoszą odpowiednio  $236,8^{\circ}\text{C}$ ,  $244,4^{\circ}\text{C}$ ,  $108,6^{\circ}\text{C}$ . W punktach SP01, SP02, SP03 temperatura powierzchni zawiera się w przedziale od  $54,1$  do  $58,2^{\circ}\text{C}$ .



Rys.3. Podwyższona temperatura zacisku dławika w.cz. Przyrost temperatury zacisku w stosunku do przewodu ok.  $60^{\circ}\text{C}$ . Należało podjąć niezwłoczne działania w celu usunięcia uszkodzenia połączenia.

## **Uwagi końcowe**

- Termowizyjna metoda badań jest szybką i efektywną metodą diagnostyki urządzeń elektroenergetycznych.
- Jakość badań jest związana z doświadczeniem ekipy pomiarowej, znajomością działania urządzeń elektroenergetycznych oraz zagadnień związanych z metrologia termowizyjną.
- PSE – Wschód Sp. z o.o. od lat rozwija badania diagnostyczne urządzeń elektroenergetycznych z wykorzystaniem techniki badań termowizyjnych, współpracując w tym zakresie min. z Instytutem Techniki Grzewczej i Sanitarnej w Radomiu.