

Grzegorz DYBKA

POLSKIE SIECI ELEKTROENERGETYCZNE – CENTRUM S.A.

ARTYKUŁ TECHNICZNY

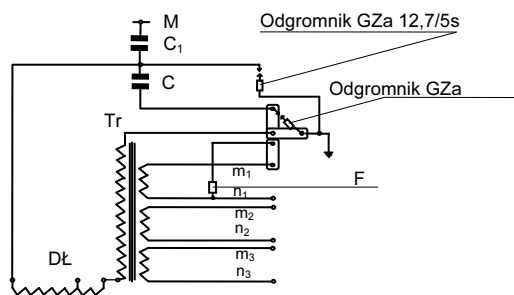
Zastosowanie kamery termowizyjnej do określania stanu pojemnościowych przekładników napięciowych w eksploatacji

1. Wstęp

W Polsce obecnie eksploatowanych jest do kilkuset pojemnościowych przekładników napięciowych najwyższych napięć, z których ponad 50 % pracuje dłużej niż 25 lat, a więc przekroczyło projektowany okres życia. W związku z tym istnieje uzasadnione pytanie o możliwość bezpiecznego ich użytkowania do czasu wymiany. Pomiar rezystancji izolacji pierwotnej dla szeregowego połączenia kondensatorowego dzielnika napięcia, wykonywane w oparciu o zatwierdzone instrukcje, nie gwarantują skutecznego wykrywania uszkodzonych przekładników. Również pomiar pojemności przy niskim napięciu dając wynik poprawny lub wskazując bardzo małą pojemność nie daje jednoznacznej informacji o stanie przekładnika. Ponadto pomiar rezystancji izolacji pierwotnej i pojemności wiąże się z koniecznością odłączenia oszynowania strony pierwotnej. Jeżeli przewód liniowy wykonany jest z rury lub podwójnej linki AFL 8-525, to takie odłączenie zawsze jest kłopotliwe i naraża przekładnik na uszkodzenia mechaniczne.

Schemat 4-członowego pojemnościowego przekładnika napięcia typu UCA przeznaczonego do pracy przy napięciu znamionowym 400 kV przedstawiono na rys. 1. Składa się on z dwóch zasadniczych części:

- pojemnościowego dzielnika napięcia,
- części indukcyjnej.



Rys. 1. Schemat przekładnika typu UCA

Fig. 1. HV ratio divider, type UCA

Dostępność kamer termowizyjnych wysokiej rozdzielczości (640x480 pikseli) pozwala określić przyrost temperatury na powierzchni porcelany pracujących urządzeń, w odniesieniu do sąsiednich członów pojemnościowych przekładnika i w odniesieniu do przekładników zainstalowanych na sąsiednich fazach. Ilość ciepła wydzielonego na jednym członie pojemnościowym przekładnika UCA 400 składającego się z 4 członów można obliczyć ze wzoru:

$$P_1 = \frac{(\tan \delta) U^2 2\pi f C}{4} \cong 100 \text{ W}$$

Gwarantowana wartość fabryczna $\tan \delta$ dla nowego przekładnika wynosi $\tan \delta \leq 0,005$, a pojemność znamionowa 4500 pF.

Powierzchnia wymiany ciepła dla 1 członu pojemnościowego, równa iloczynowi długości drogi upływu i średniego obwodu, wynosi: $2,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 2,5 \text{ m}^2$.

Minimalny strumień wymiany ciepła oszacowano na poziomie około $8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (dla bezwietrznej pogody i pełnego zachmurzenia dającego temperaturę nieboskłonu bliską temperaturze otocze-

nia). Stąd spodziewany uśredniony przyrost temperatury na powierzchni izolatora wynosi:

$$T_1 = \frac{100 \text{ W} \cdot \text{m}^2\text{K}}{2,5 \text{ m}^2 \cdot 8 \text{ W}} = 5 \text{ K}$$

Rzeczywisty strumień wymiany ciepła przy prędkości wiatru do 4 m/s ma wartość bliższą $20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Uśrednione przyrosty temperatury na powierzchni izolatora wynoszą:

$$T_2 = \frac{100 \text{ W} \cdot \text{m}^2\text{K}}{2,5 \text{ m}^2 \cdot 20 \text{ W}} = 2 \text{ K}$$

Z obliczeń tych wynika, że spodziewany uśredniony przyrost temperatury na powierzchni izolatora znajduje się w przedziale (2...5) K.

Z praktyki pomiarów termowizyjnych wynika, że obserwacje członów kondensatorowych najskuteczniej można prowadzić przy:

- pełnym zachmurzeniu,
- minimalnej prędkości wiatru,
- po stronie zawietrznej,
- niewielkich dobowych zmianach temperatury (czas stabilizacji temperaturowej przekładnika wynosi około 12 godz.),
- zakresie obserwacji w przedziale do 5 K powyżej temperatury otoczenia.

W związku z „unoszeniem” ciepła przez olej otaczający stos kondensatorów do górnej części członu kondensatorowego oraz różnym kątem obserwacji poszczególnych członów, do oceny przyrostów temperatury zdecydowanie bardziej nadaje się temperatura maksymalna występująca na porcelanowym rdzeniu między sąsiednimi kłozkami. Przyrost temperatury maksymalnej na pojedynczym członie kondensatorowym o wartości powyżej (1...2) K w odniesieniu do sąsiednich członów jednoznacznie świadczy o wzroście strat ($\tan \delta$) w tym członie, a więc o jego uszkodzeniu. Porównanie temperatur przekładników w sąsiednich fazach można dokonać tylko dla przekładników o zbliżonym czasie ich eksploatacji, ponieważ wraz z czasem eksploatacji rośnie $\tan \delta$ kondensatorów o izolacji papierowo-olejowej. Jeżeli czas eksploatacji poszczególnych przekładników byłby niejednakowy, to może to prowadzić do błędów oceny.

Wzrost $\tan \delta$ może nastąpić m.in. na skutek:

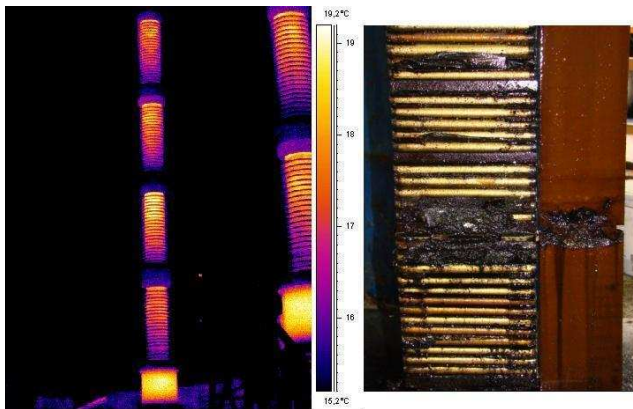
- zatarzenia izolacji papierowo-olejowej,
- zawilgocenia oleju,
- rozkładu termicznego oleju i papieru na skutek iskrzenia części przebitych kondensatorów.

Najgroźniejszym przypadkiem jest iskrzenie przebitych kondensatorów, powodujące rozkład oleju elektroizolacyjnego i izolacji celulozowej. Powoduje to z kolei wzrost ciśnienia wewnątrz porcelany i możliwą eksplozję przekładnika, a to stanowi zagrożenie dla ludzi, niebezpieczeństwo uszkodzenia sąsiednich urządzeń oraz straty związane z kosztem niedostarczonej energii. W związku z powyższym przekładniki wykazujące przyrosty temperatury maksymalnej powyżej (1...2) K i jednocześnie zawyżające napięcie w stosunku do przekładników zainstalowanych na tej samej fazie i przyłączonych do tego samego systemu winny być wyłączone z eksploatacji. W przypadku braku możliwości

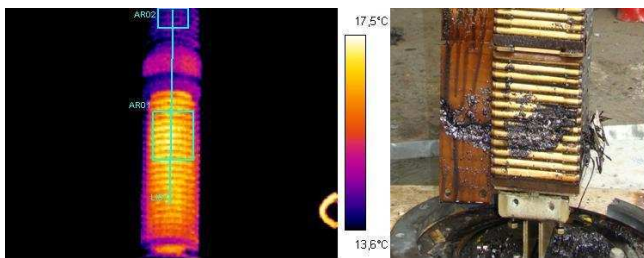
porównania mierzonych wartości napięcia, lub uzyskania niejednoznacznych porównań wartości napięć, przekładnik winien być pomierzony pełnym napięciem pomiarowym i w przypadku wyjścia z klasy dokładności powinien być bezzwłocznie wycofany z eksploatacji.

2. Wyniki badań

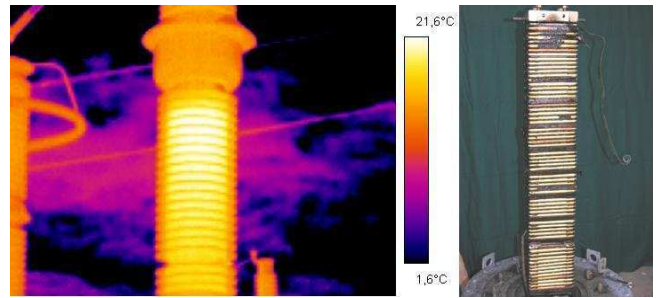
Wykonano szereg pomiarów termowizyjnych różnych przekładników pojemnościowych. Wyniki badań zostały zweryfikowane po wykonaniu rewizji wewnętrznej. Na fot. 1 – 4 przedstawiono termogramy badanych przykładowych przekładników oraz ich uszkodzenia ujawnione po rewizji.



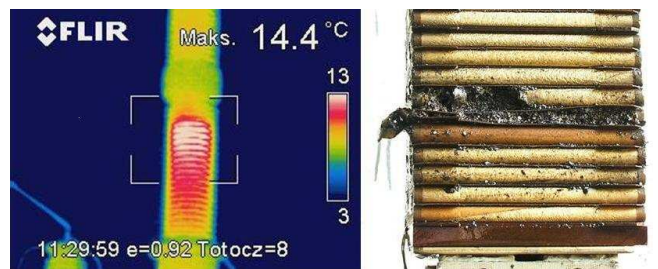
Fot. 1. Termogram po lewej stronie wykazuje przyrost temperatury maksymalnej na 3. ogniwie od góry o około 1,2 K, błąd pomiaru napięcia wynosi 2,6%. Po prawej widok uszkodzeń 6 kondensatorów



Fot. 2. Termogram po lewej stronie wykazuje przyrost temperatury maksymalnej na ogniwie o około 1,6 K, błąd pomiaru napięcia wynosi 2,6%. Po prawej widok uszkodzeń 6 kondensatorów



Fot. 3. Termogram po lewej stronie wykazuje przyrost temperatury maksymalnej na ogniwie o około 1,8 K, błąd pomiaru napięcia wynosi 4%. Po prawej widok uszkodzeń 8 kondensatorów



Fot. 4. Termogram po lewej stronie wykazuje przyrost temperatury maksymalnej na ogniwie o około 1,5 K, błąd pomiaru napięcia wynosi 1%. Po prawej widok uszkodzeń 2 kondensatorów

3. Wnioski

Przeprowadzone pomiary termowizyjne wykazały bardzo dobrą zgodność diagnoz stanu przekładników przeprowadzonych przy użyciu metody termowizyjnej z ich stanem faktycznym. W związku z pozytywnymi rezultatami badań pojemnościowych przekładników napięciowych opisane pomiary mogą być cennym uzupełnieniem pomiarów wymagających wyłączeń.

4. Literatura

- [1] Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła, metoda obliczeniowa, Polska Norma PN-EN ISO 6946.
- [2] Przekładniki napięciowe pojemnościowe typu UCA. Instrukcja montażu i eksploatacji V32/06. Zakłady Wytwórcze Aparatury Wysokiego Napięcia. Warszawa.

INFORMACJE

Zapraszamy do publikacji artykułów naukowych w czasopiśmie PAK

WYDAWNICTWO POMIARY AUTOMATYKA KONTROLA
ul. Świętokrzyska 14A, pok. 530, 00-050 Warszawa,
tel./fax: 022 827 25 40

Redakcja czasopisma POMIARY AUTOMATYKA KONTROLA
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, pok. 30b,
tel./fax: 032 237 19 45, e-mail: wydawnictwo@pak.info.pl