

Detekcja defektów izolacji transformatorów suchych typu cast-coil

Streszczenie. Artykuł jest opracowaniem dotyczącym problematyki rozpoznania defektów izolacji odlewanej w transformatorach suchych typu cast-coil. W badaniach użyto metody rejestracji obrazów defektów w podczerwieni.

Słowa kluczowe: defekt, izolacja, cast-coil, żywica epoksydowa, podczerwień

Wstęp

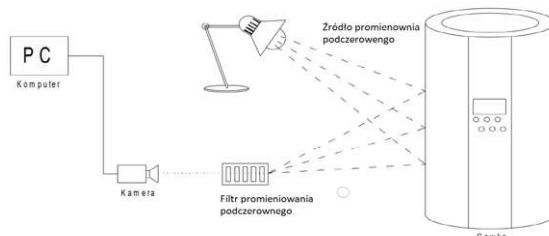
Coraz powszechniejszym typem transformatorów rozdzielczych stają się jednostki wykonane w technologii izolacji suchej [1, 2, 3]. Szerokie spektrum zastosowań wynika z uniwersalności jednostek i ograniczenia kosztów zarówno na etapie budowy jak i eksploatacji w stosunku do jednostek olejowych. Podczas budowy nie wymagana jest misa olejowa a system gaszenia jest znacznie prostszy lub w ogóle nie występuje, ponieważ tego typu obiekty są określane jako trudno palne [3]. Ograniczenie ryzyka pożarowego w stosunku do transformatorów olejowych powoduje ich szerokie stosowanie. Najczęściej znajdują one zastosowanie w obiektach o zagrożeniu wybuchowym, pożarowym, turbinach wiatrowych, galeriach handlowych itp. [1, 2, 4]. Na przestrzeni lat można zaobserwować tendencję do wzrostu mocy jednostek instalowanych, obecnie sięgających nawet do 40 MVA, co jest znaczną wartością.

Obecne na rynku transformatory suche występują w dwóch zasadniczych typach tj. wytwarzane w technologii rowingowej poprzez nawijanie nasyoną żywicą epoksydową przędzy szklanej tzw. resibloc oraz w technologii zalewania żywicą epoksydową w atmosferze obniżonego ciśnienia, typu cast-coil [5 - 8].

Transformatory suche mimo znacząco różniące się budowy układu izolacyjnego w stosunku do transformatorów suchych oraz znaczących mocy znamionowych nie opracowano nowej metodyki diagnostyki poza standardowym pomiarami wynikających z aktów normatywnych. Obecnie obserwowana jest tendencja skupiająca wysiłki ośrodków badawczych na rejestrację poziomu wyładowań niezupełnych, w których poziomie upatruje się informacji o zaawansowaniu procesów degradacyjnych izolacji [9,10]. Zdaniem autora jedną z metod, która pozwalała na zaobserwowanie procesów starzeniowych izolacji na wczesnym etapie jest detekcja śladów węglowych w izolacji z wykorzystaniem detekcji węgla w podczerwieni, co będzie przedmiotem niniejszego opracowania.

Stanowisko pomiarowe

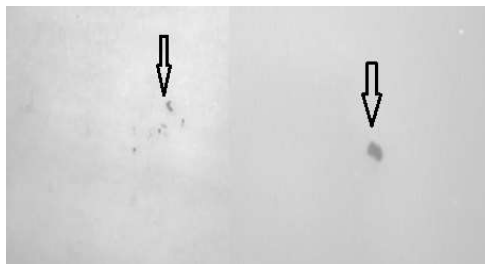
Schemat ideowy stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 1. Składało się ono ze diodowego źródła promieniowania podczerwonego, obiektu badanego (cewka transformatora typu cast-coil), kamery z filtrem przepuszczającym tylko promieniowanie podczerwone oraz komputera do rejestracji obrazów.



Rys.1. Schemat ideowy stanowiska pomiarowego

Wyniki pomiarów

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy obraz defektu otrzymany podczas rejestracji w podczerwieni. Ciemne plamy w izolacji oznaczają miejsca obecności produktów rozkładu izolacji zawierających węgiel, co jest skutkiem oddziaływania wyładowań niezupełnych o stosunkowo dużej intensywności w danym miejscu. Węgiel pochłania znacznie lepiej promieniowanie podczerwone niż otaczająca defekt izolacji z tego względu na obrazie jest on koloru czarnego. Rejestrowane defekty były rozmiarów między 1-3mm co świadczy, że niniejszą metodą można lokalizować nawet stosunkowo małe obiekty.



Rys.2. Wyniki badań spektrum podczerwieni

Wnioski

Metoda rejestracji w podczerwieni wydaje się dobrym i tanim sposobem wykonywania systematycznych oględzin transformatorów suchych typu cast-coil, w celu wczesnego wykrywania defektów pojawiających się przy powierzchniowej warstwie izolacji. Możliwości detekcyjne niniejszej metody pozwolą na zwiększenie wczesnego wykrywania procesów degradacyjnych izolacji transformatorów suchych, co w wielu przypadkach pozwoli na podjęcie stosownych decyzji eksploatacyjnych zapobiegających nieplanowanym przerwom w zasilaniu.

Literatura

1. Forester D., ReseFailures in dry-type transformers for offshore applications, Special Edition - Dry-type Transformers vol.November 2021
2. Y. Burkhardt, K. Schleicher, M. Klöppig, *A novel hybrid excited synchronous machine for (H)EV applications*, IEEE Xplore, 2014.
3. F. Sorg, R. Hanov, H. Raithel, Cast-resin transformers excel in their fire behavior, Order No. E50001-U413-A105-X-7600. Siemens Company
4. Rajpurohit B.S., Savla G., Ali N., Panda P.K., Kaul S.K., Mishra H. A case study of moisture and dust induced failure of dry type transformer in power supply distribution *Water Energy Int.* 2017
5. Sen P. Application guidelines for dry-type distribution power transformers; Proceedings of the IEEE Technical Conference on Industrial and Commercial Power Systems; St. Louis, MO, USA. 4–8 May 2003;
6. Alonso P.E.B., Meana-Fernández A., Oro J.M.F. Thermal response and failure mode evaluation of a dry-type transformer. *Appl. Therm. Eng.* 2017;**120**:763–771. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2017.04.007
7. Mafra R., Magalhães E., Anselmo B., Belchior F., Marcondes S., Winding hottest-spot temperature analysis in dry-type transformer using numerical simulation, *Energies* 2019, 12, 68; doi:10.3390/en12010068
8. Forester D., ReseFailures in dry-type transformers for offshore applications, Special Edition - Dry-type Transformers vol.November 2021
9. Zheng D., Zhao D., Zhang L., Chen X., Research on PD Locating Method of Dry-type Transformer with Subsection and Layer Windings Based on Transfer Functions, Proceedings of the 9th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials July 19-23, 2009, Harbin, China
10. Szymaciec S., Aparaturowe aspekty diagnostyki maszyn elektrycznych w oparciu o sygnał WNZ, Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne nr 2/2014 (102)

Autorzy: dr inż. Andrzej Mroziak, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, e-mail: amroziak@zut.edu.pl