

Aleksander ZIELONKA
ABB Dolmel Ltd

PRODUKCJA GENERATORÓW W ABB DOLMEL LTD - NOWE WYROBY I DIAGNOSTYKA

Streszczenie. W artykule omówiono możliwości pomiarowe Zespołu Diagnostyki Producenta Generatorów ABB Dolmel Ltd na tle działalności firmy. Przedstawiono specjalne metody badań maszyn elektrycznych przy wykorzystaniu najnowszej komputerowej aparatury pomiarowej.

GENERATOR MANUFACTURING IN ABB DOLMEL LTD - NEW PRODUCTS AND DIAGNOSTICS

Summary. ABB Dolmel Ltd. is a part of the world-wide ABB Group operating in the Power Plant Segment. The company was established in October 1990 as a result of the transformation of the Lower Silesian Electrical Machines Manufacturing Works DOLMEL into a joint venture. ABB Dolmel Ltd has 45 years of experience in production of turbogenerators and hydrogenerators for industrial power plants and power utilities, for water power plants and slow speed Diesel driven generators. Our production range covers:

- turbogenerators:
 - air-cooled up to 300 MV · A
 - hydrogen-cooled up to 350 MV · A
 - water/hydrogen-cooled up to 900 MV · A
- industry generators up to 40 MV · A
- hydrogenerators up to 330 MV · A
- Diesel-driven generators up to 17 MV · A

ABB Dolmel Ltd provides a full range of comprehensive services for generators and related equipment, such as:

- assembly work and inspection
- diagnostics
- modernizations.

Because of increasing demands of local market the Diagnostic Team was established in 1993. A base of the Team's activity is ABB Diagnostics System which covers all aspects concerning generators. The most modern, computer aided equipment helps to collect, store and analyse high quality measurement results.

The high quality execution of all orders is guaranteed by a well-developed quality assurance system, which confirms to the ISO 9001 standards.

Firma ABB Dolmel Ltd została założona w 1990 roku i prowadzi działalność w zakresie produkcji, sprzedaży i serwisu generatorów dla energetyki zawodowej i przemysłowej. Firma należy do Segmentu Power Plants Grupy ABB. Segment ten zajmuje się produkcją kompletnych elektrowni i ich komponentów, takich jak: kotły dla wszystkich typów paliw, turbiny i generatory.

Włączenie ABB Dolmel Ltd do rodziny ABB umożliwiło transfer technologii, dostęp do nowych rynków oraz wsparcie kierownictwa nowoczesnymi metodami zarządzania. Efektem 40-letniej pracy Dolmela a następnie ABB Dolmel Ltd jest ponad 150 wyprodukowanych generatorów o łącznej mocy ponad 40 000 MV·A, które pracują w elektrowniach na całym świecie. Aby stać się partnerem innych firm w grupie ABB i dołączyć do grona najlepszych producentów urządzeń do wytwarzania energii elektrycznej, firma przeszła szereg przeobrażeń restrukturyzacyjnych. Jednym z nich jest program kompleksowego kierowania jakością, tzw. Total Quality Management TQM. Realizując ten program wdrożono w 1993 roku System Jakości bazujący na międzynarodowej normie jakości ISO 9001. W październiku 1993 roku uzyskano jego certyfikację przez niemiecką firmę certyfikacyjną Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen mbH oraz świadectwo Europejskiej Sieci Jakości EQ Net. System Jakości bazujący na normie ISO 9001 obejmuje cały cykl związany z realizacją zamówienia klienta, a więc ofertowanie, projektowanie, produkcję, montaż, eksploatację i serwis. Posiadanie certyfikatu ISO 9001 jest dla firmy warunkiem efektywnego działania na rynku międzynarodowym, podnosi wiarygodność i zaufanie klienta do wyrobów i usług.

Strategię ABB Dolmel Ltd określają następujące kierunki rozwoju:

- utrzymanie dominacji na rynku krajowym w zakresie sprzedaży nowych generatorów,
- utrzymanie pozycji wiodącego wykonawcy modernizacji urządzeń eksploatowanych w elektrowniach, wprowadzanie na rynek nowych generatorów chłodzonych powietrzem,
- zdobycie pozycji kluczowego dostawcy generatorów powietrznych i wodno-wodorowych dla sieci sprzedaży ABB,
- rozwinięcie potencjału technicznego zdolnego do współuczestnictwa w rozwoju generatorów ABB.

ABB Dolmel Ltd realizuje na rynku polskim Misję ABB przez:

- zaspokojenie potrzeb na dostawy generatorów:
 - bardziej niezawodnych ,
 - oszczędniejszych ,
 - wydajniejszych,
- działalność respektującą wymogi ekologiczne środowiska,
- szeroką współpracę zarówno z klientami, jak i poddostawcami oraz wprowadzanie do polskiej energetyki nowych rozwiązań technicznych zaspokajających wszystkie wymagania klienta.

Fundamentalnym warunkiem powodzenia realizacji Misji ABB Dolmel Ltd jest wspólne idące w jednym kierunku działanie wszystkich pracowników naszej firmy. Uzyskanie satysfakcji klienta ze współpracy z ABB Dolmel Ltd jest celem strategicznym firmy, warunkującym utrzymanie rynków. Satysfakcja ta musi być osiągnięta poprzez działanie zapewniające:

- wysoką jakość wyrobów,
- krótkie cykle wykonania,
- dostawę na czas,
- współpracę i reagowanie na życzenia klientów w całym cyklu projektowania, produkcji i eksploatacji wyrobów.

Program ten, zwany w koncernie ABB "Customer Focus" dotyczy praktycznie wszystkich komórek ABB Dolmel Ltd i jest przez nie, zgodnie z planem realizowany. Dominująca obecność ABB Dolmel Ltd na rynku lokalnym jest sprawą prestiżu firmy i warunkiem jej pomyślnego rozwoju.

Firma wykorzystuje na krajowym rynku następujące atuty:

- nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne i technologie bazujące na technice ABB i własnych opracowaniach,
- znajomość rynku, problemów i potrzeb klientów,
- współpraca z klientem w całym zakresie od projektu poprzez eksploatację do napraw i modernizacji.

Stwarza to mocną pozycję ABB Dolmel Ltd jako dostawcy nowych wyrobów i ugruntowuje obecność na rynku serwisowym.

Obecność na rynku lokalnym jest zapewniona poprzez aktywność w następujących obszarach działań:

- lokalne inwestycje energetyki zawodowej i przemysłowej - strategiczna, ścisła współpraca z ABB Zamech Ltd,
- lokalne kanały eksportowe, np. Elektrim, Megadex,
- istniejące elektrownie - rehabilitacje, remonty, serwis bieżący, diagnostyka, doradztwo techniczne w zakresie generatorów.

Obsługą rynku lokalnego zajmują się w ABB Dolmel Ltd dwie organizacje handlowe w obszarze PSU:

- Dział Sprzedaży Nowych Wyrobów,
- Dział Serwisu.

Dla usprawnienia procesu sprzedaży i akwizycji działalność ich wspierana jest przez przedstawicieli regionalnych ABB Dolmel Ltd ulokowanych w największych ośrodkach przemysłowych kraju. Ze względu na dużą konkurencyjność wyrobów firma ABB Dolmel Ltd może stać się kluczowym dostawcą generatorów do sieci sprzedaży ABB, która jest:

- podstawowym kanałem sprzedaży na eksport,
- najbardziej efektywnym sposobem dostępu do rynków zagranicznych.

Sieć sprzedaży ABB jest rynkiem o niezwykle wysokich wymaganiach jakościowych i terminowych. Sprostanie tym wymaganiom jest uwarunkowane stałą poprawą efektywności produkcji.

Głównym produktem firmy ABB Dolmel Ltd są generatory energetyczne w następujących wielkościach i rozwiązaniach konstrukcyjnych:

- generatory chłodzone powietrzem do 300 MV A,
- generatory chłodzone wodorem do 350 MV A,
- generatory chłodzone wodą i wodorem do 900 MV A.

Są to wyroby budowane na bazie licencji, pokrywające asortymentem cały zakres mocy i rozwiązań zgodnie z wymaganiami krajowego rynku energetycznego i sieci ABB.

W sierpniu 1995 roku zakończono w ABB Dolmel Ltd produkcję największego na świecie generatora chłodzonego powietrzem o mocy 300 MV A z serii TOP-AIR. Jednostka ta wykonana na licencji ABB przeznaczona jest do współpracy z turbiną gazową GT-26. Próby ruchowe na Stacji Prób potwierdziły słuszność założeń konstrukcyjnych zarówno od strony elektrycznej, jak i mechanicznej. Generator osiągnął założoną moc i wysoką sprawność wynoszącą 98,75% dla klasy izolacji „B”. Powierzenie wykonania generatora firmie ABB Dolmel Ltd było dowodem zaufania koncernu i przekonania o wysokim poziomie intelektualnym i wytwórczym spółki. Załoga wywiązała się z tego niełatwego zadania bardzo dobrze, przez co umocniła w koncernie pozycję producenta specjalizującego się w wytwarzaniu nowoczesnych generatorów chłodzonych powietrzem.

Ponadto ABB Dolmel Ltd jest producentem:

- generatorów przemysłowych do 40 MV A,
- hydrogeneratorów do 330 MV A,
- generatorów do wolnoobrotowych zespołów dieslowskich do 17 MV A.

Dla tych pozycji utrzymywana jest stała gotowość do podjęcia ich produkcji w przypadku ożywienia rynku krajowego lub możliwości eksportu.

W kategorii produktów należy również umieścić usługi, jak:

- modernizacje eksploatowanych generatorów 63, 120 i 200 MW w oparciu o standardowe pakiety modernizacyjne, opracowane na bazie wieloletnich doświadczeń eksploatacyjnych z uwzględnieniem najnowszej techniki ABB, podnoszące w sposób zasadniczy ich walory eksploatacyjne,
- kompleksową diagnostykę w zakresie:
 - stanu izolacji,
 - stanu rdzenia i jakości zaklinowania,
 - stanu dynamicznego.

Firma wykorzystuje tu pozycję producenta znającego doskonale wyrób od samego początku, posiadającego dane bieżące wykorzystywane dla przedłużenia okresu eksploatacji i minimalizacji kosztów remontów i napraw.

Biuro Techniczne ABB Dolmel Ltd dysponuje wiedzą na temat produktów, opartą na długoletnich i szerokich doświadczeniach Dolmela oraz najnowszych osiągnięciach technicznych koncernu ABB. Biuro wdraża i realizuje projekty rozwojowe zgodne z ustaleniami Centrum Wiodącego Techniki. Konstruktorzy ABB Dolmel Ltd opracowali zestaw pakietów modernizacyjnych generatorów 200 MW, które są obecnie wprowadzane w realizowanych zamówieniach. Przygotowano już modernizację generatorów 6÷32 MW, 63 MW i 120 MW, natomiast wstępnej analizie technicznej poddano generatory 2÷32 MW, 3000 obr/min oraz 2,5 ÷20 MW o prędkości obrotowej 1500 obr/min.

W miesięczniku "Energetyka" nr 5/1994 mgr inż. Józef Krupa w artykule "Zwiększenie mocy turbogeneratorsa z 200 do 230 MW" przedstawia modernizację turbogeneratorów TWW-200. Generatory te były produkowane w Dolmelu na bazie dokumentacji zakładu Elektrosita z Leningradu. Konstruktorzy firmy ABB Dolmel Ltd opracowali program modernizacji tych generatorów uwzględniając propozycje użytkowników, postęp techniczny w dziedzinie konstrukcji, materiałów izolacyjnych, a także ogromną wiedzę fachowców zgromadzoną w ciągu prawie 50-letniej działalności Dolmela i prawie stu lat poprzedniczki ABB - firmy BBC. Na licencji BBC rozpoczęto w Dolmelu już w roku 1976 produkcję generatorów o mocy 360 MW dla Elektrowni Bełchatów, Opole i na eksport. Artykuł przedstawia opis prac modernizacyjnych, przyjęty nowy system chłodzenia wirnika, nowe materiały izolacyjne użyte do produkcji, a także wyniki pomiarów cieplnych przeprowadzonych w Elektrowni Kozienice, Jaworzno III, Połaniec i Łaziska. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że zmodernizowane wirniki nie tylko spełniają wymagania stawiane dla klasy izolacji F, lecz również nie przekraczają - zgodnie z deklaracją producenta - dopuszczalnej temperatury dla klasy izolacji B.

W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na nowoczesną kompleksową diagnostykę generatorów powstał w połowie roku 1993 w ABB Dolmel Ltd Zespół Diagnostyki, którego głównym zadaniem jest świadczenie usług diagnostycznych w zakresie badań urządzeń produkujących energię elektryczną. Bazą działania Zespołu jest system diagnozy ABB oparty na bogatym doświadczeniu firm rodziny ABB oraz aparaturze badawczej wykonanej wg najnowocześniejszych technologii z uwzględnieniem komputerowych systemów do pomiarów i analizy uzyskanych wyników. Zakupienie przez ABB Dolmel Ltd takiej aparatury w ABB Kraftwerke AG Szwajcaria, teoretyczne i praktyczne przeszkolenie specjalistów Zespołu Diagnostyki w Szwajcarii oraz ciągły nadzór ekspertów firmy ABB Kraftwerke AG nad działaniami prowadzonymi przez Zespół jest gwarancją wykonywania pełnowartościowych właściwie interpretowanych badań generatorów.

ABB Dolmel Ltd będąc producentem z tradycjami, posiada wieloletnie doświadczenie nie tylko w zakresie specyfiki konstrukcji i technologii remontów, lecz również w zakresie technik diagnostycznych stosowanych w zróżnicowanych warunkach prowadzonych badań. Współpraca z innymi grupami diagnostycznymi rodziny ABB, korzystanie z banku danych, jaki mieści się w Szwajcarii oraz wdrażanie najnowszej aparatury i współczesnych metod badań

pozwała na bardziej szczegółowe badanie maszyn, dokładne analizowanie wyników oraz na tej podstawie dostarczanie użytkownikom informacji, wskazówek i zaleceń na temat dalszej eksploatacji, zakresu konserwacji i remontu.

Zespół Diagnostyki producenta, posiadając bezpośredni dostęp do dokumentacji oraz najnowszej myśli koncernu ABB, ma szczególne podstawy do efektywnego prowadzenia prób i badań. Uzyskane informacje diagnostyczne są zbierane i archiwizowane w banku danych, co ma rzeczywisty wpływ na poprawę bezpieczeństwa działania i użytkowania generatorów, zapewnia ich wysoką dyspozycyjność oraz pozwala ocenić trendy w eksploatacji. Wynikiem końcowym prowadzonych działań diagnostycznych jest szczegółowe sprawozdanie techniczne zawierające dokumentację wyników uzyskanych w czasie przeprowadzonych prób wraz ze wszystkimi niezbędnymi świadectwami, spisem norm stanowiących podstawę przeprowadzenia badań oraz tym co najważniejsze dla użytkownika, czyli zestawem wniosków i zaleceń na przyszłość.

Istotnym elementem działania Zespołu Diagnostyki jest szybkość reakcji na zgłaszane zapotrzebowanie rynku. Jest to kwestia niezwykle ważna dla użytkowników turbogeneratorów dużej mocy, dla których dobowa produkcja energii elektrycznej osiąga znaczne kwoty. Konieczność spełnienia normy ISO 9001 nakłada na Zespół obowiązek reagowania na sygnały ze strony klienta w ciągu 24 h.

Postęp techniczny powoduje, że kontrolą obejmowany jest coraz większy zestaw parametrów technicznych, a prowadzone pomiary muszą cechować się coraz większą wiarygodnością i dokładnością. Konsekwencją tego postępu jest ciągła modernizacja bazy instrumentalnej Zespołu. Wielokanałowe zestawy pomiarowe wspomagane najnowocześniejszą techniką komputerową umożliwiają gromadzenie bogatego zestawu informacji specjalistycznych ułatwiających ocenę stanu generatora.

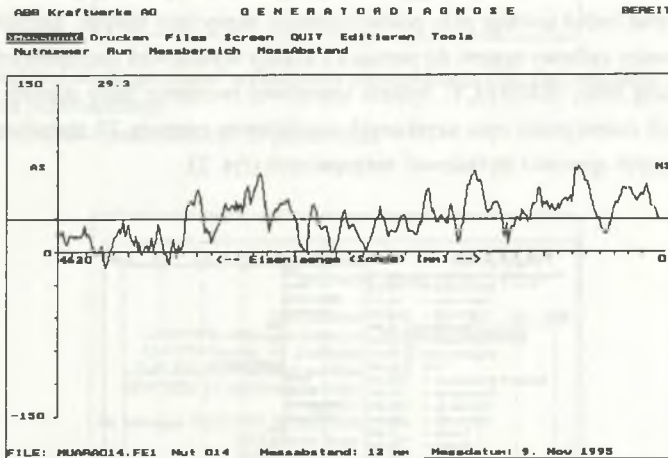
Kierunkiem działań Zespołu Diagnostyki jest kompleksowa kontrola maszyn elektrycznych obejmująca wybrane specjalistyczne dziedziny badań: analizę stanu dynamicznego, badania izolacji uzwojenia stojana i wirnika, wibroakustykę, zakłócenia radioelektryczne, systemy ciepło-wentylacyjne oraz kontrolę i analizę parametrów pracy generatora, układów wyposażenia i wzbudzenia.

Przykładem nowych możliwości jest wzbogacenie bazy instrumentalnej o zestaw ADRE 3 firmy BENTLY NEVADA, który zapewnia symultaniczną 16-kanałową akwizycję dynamicznych danych pomiarowych pozwalających orzekać o charakterystykach dynamicznych turbozespołu. Oznacza to, że w ramach jednego rozruchu turbozespołu istnieje możliwość zgromadzenia danych dotyczących wszystkich łożysk turbozespołu. Dane te stanowią następnie podstawę orzekania, np. o poprawności montażu.

Wyposażeniem dodatkowym służącym do pomiaru i oceny drgań jest wielofunkcyjny, przenośny przyrząd VIBROPORT 41 firmy SCHENCK umożliwiający jednoczesny pomiar w dwu niezależnych kanałach z bezpośrednim wydrukiem uzyskanych wyników. Ważną sprawą, szczególnie po przeprowadzonym remoncie w obszarze czoł prętów uzwojenia stojana dużych turbogeneratorów, jest sprawdzenie, czy rezonans drgań własnych czoł nie występuje

w niebezpiecznej strefie 100 Hz, co mogłoby być powodem przyspieszonej degradacji izolacji prętów. Analiza charakterystyk widmowych drgań czoł przeprowadzana jest w ABB Dolmel Ltd przy wykorzystaniu aparatury firmy Hewlett Packard. Dane zgromadzone w czasie rozruchu mogą stanowić również doskonały materiał odniesienia do podobnych danych zgromadzonych w czasie odstawienia turbozespołu. Porównanie obu zbiorów danych pozwala ocenić fakt zaistnienia zmian stanu technicznego, a także wielkość odstępstwa od stanu uznawanego za normalny.

W polskiej energetyce stosowana jest powszechnie wysokoprądowa metoda badania rdzenia generatorem strumieniem magnetycznym o indukcji ok. 1T pozwalająca wykryć zwarcia między blachami pakietu. Jest to metoda kłopotliwa, wymagająca zastosowania transformatora znacznej mocy i kamery termowizyjnej lub lokalizacji obszarów o podwyższonej temperaturze metodą dotykową. Zastępuje ją dokładniejsza i czulsza metoda komputerowa pozwalająca na wykrywanie zwarć w żelazie przy niskiej indukcji (ok. 5% wartości znamionowej).



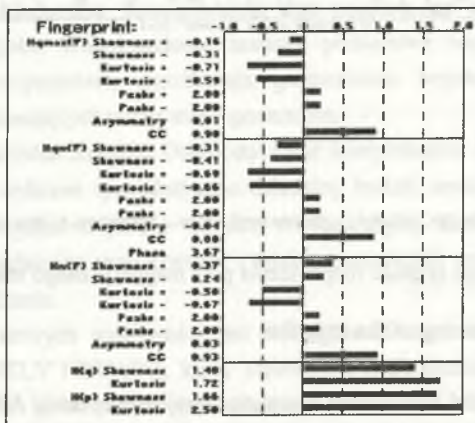
Rys. 1. Przykład przebiegu sygnału rozproszenia pola magnetycznego między zębami pakietu blach

Fig. 1. Example of measuring of the stray flux

Firma ABB Dolmel Ltd posiada aparaturę szwajcarskiej firmy ABB Kraftwerke AG do kontroli rdzenia tą metodą i każda wyprodukowana w firmie maszyna posiada zarejestrowane przebiegi sygnału rozproszenia pola magnetycznego wszystkich żłobków (rys. 1), aby przy kolejnych pomiarach możliwe było określenie trendów rozwoju wykrytych uszkodzeń. Do pomiarów prądów zwarciovych wykorzystano cewkę Rogowskiego poruszającą się wzdłuż żłobków na samojezdnym wózku, przekazującą sygnały do aparatury rejestrującej umieszczonej poza generatorem. Badanie rdzenia stojana tą metodą wykonuje się opierając się na wewnętrznej instrukcji koncernu ABB. Podobna komputerowa aparatura, aczkolwiek działa-

jąca na innej zasadzie, wykorzystywana jest do oceny zaklinowania prętów uzwojenia stojana. Metoda ta polega na pomiarze wymuszonych drgań poszczególnych klinów żłbkowych i zarejestrowaniu wyników. Samojezdny wózek poruszający się wzdłuż żłbków transportuje elektromagnetyczny młotek uderzający w kliny z częstotliwością 50Hz oraz czujnik drgań. Dzięki precyzyjnemu zapisowi wyników pomiarów na dyskietce można również śledzić tendencje rozwoju jakości zaklinowania przy następnych pomiarach. Właściwe zaklinowanie części żłbkowej prętów uzwojenia stojana ma znaczny wpływ na stan izolacji, gdyż zabezpiecza pręty przed promieniowym i osiowym przemieszczaniem, eliminuje naprężenia izolacji czoł, a także uniemożliwia ścieranie zewnętrznej ochrony przeciwjarzeniowej prętów, co mogłoby być powodem wzrostu poziomu wyładowań niezupełnych i przyspieszonej degradacji warstwy izolacyjnej. Z tego względu okresowo powtarzane pomiary pozwalają wykryć poluzowane kliny i w czasie najbliższego remontu poprawić jakość zaklinowania.

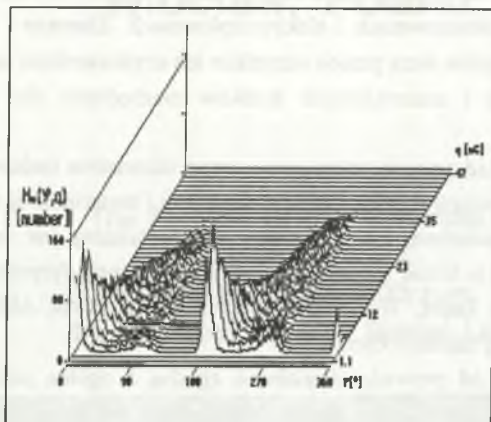
W celu wykrycia lokalnych defektów w izolacji, oprócz wykonywanych pomiarów współczynnika strat dielektrycznych $\text{tg } \delta$, należy wykonywać pomiary poziomu wyładowań niezupełnych oraz badać izolację przy podwyższonych napięciach stałych. Zespół Diagnostyki wdrożył najnowszy cyfrowy system do pomiaru i analizy wyładowań niezupełnych typu TEAS 571 szwajcarskiej firmy HAEFELY. System umożliwia tworzenie bazy danych w oparciu o fingerprint, czyli numeryczny opis uzyskanych wyników za pomocą 29 statystycznych operatorów obrazujących zjawisko wyładowań niezupełnych (rys. 2).



Rys. 2 Fingerprint (statystyczny obraz zjawiska wyładowań niezupełnych)
Fig. 2 Fingerprint (statistical pattern of PD-activity)

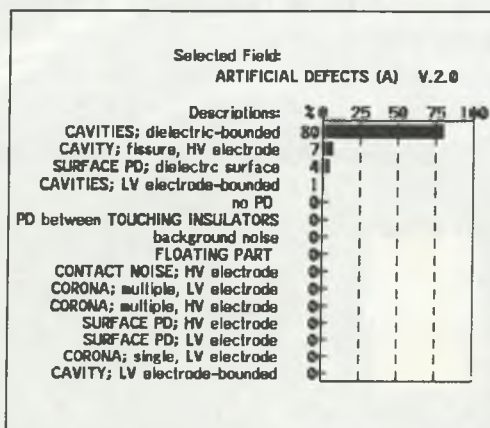
Możliwość cyfrowego zapisu wyników badań pozwala na porównanie ze sobą cyklicznie wykonywanych pomiarów tego samego obiektu, tworzenie trójwymiarowych obrazów wielkości ładunku pozornego i liczby impulsów w funkcji kąta fazowego napięcia

przemienne (rys. 3), porównanie uzyskanych wyników fingerprint do katalogu błędów i automatyczną identyfikację defektów z dużym prawdopodobieństwem (rys. 4).



Rys. 3. Przestrzenny obraz poziomów wyładowań niepełnych i liczby impulsów w funkcji fazy napięcia przemiennego

Fig. 3. 3-dimensional distribution of PD parameters



Rys. 4. Klasyfikacja obrazu wyładowań niepełnych na podstawie banku danych

Fig. 4. Classification of measurement results based on defect patterns collected in data bank

Dzięki temu możliwe jest śledzenie procesów starzeniowych izolacji i ocena stopnia jej degradacji pod wpływem czynników termicznych, mechanicznych czy elektrycznych (wpływ pola elektrycznego, przepięć). System ten spełnia wymogi IEC Publication 270 oraz przewyższa dokładnością i możliwościami dotychczas stosowaną aparaturę analogową.

Specjaliści Zespołu Diagnostyki ABB Dolmel Ltd wyposażeni w ww. aparaturę, kooperując z innymi firmami ABB, wykonują wiele ekspertyz, prac pomiarowych i usług doradczych lepszych pod względem jakościowym i merytorycznych zarówno na terenie naszej firmy jak również w elektrowniach i elektrociepłowniach. Zbierane i archiwizowane informacje o stanie generatorów służą przede wszystkim ich użytkownikom w celu właściwej oceny ludzkich, finansowych i materiałowych środków niezbędnych dla przyszłych napraw i remontów.

ABB Dolmel Ltd posiada także nowoczesne laboratoria badawcze stojące na straży jakości. Stanowiska kontroli mechanicznej, elektrycznej i materiałowej posiadają nowoczesny sprzęt i aparaturę pomiarową, której aktualny stan techniczny jest regularnie sprawdzany, zgodnie z wdrożonym w firmie Systemem Jakości. Laboratoria dysponują wysoko kwalifikowaną i doświadczoną kadrą. Wszystko to składa się na obraz ABB Dolmel Ltd, firmy nowoczesnej i budzącej zaufanie klienta.

ABB Dolmel Ltd prowadzi działalność zgodną z ogólną polityką koncernu ABB. Przedsięwzięcia koncernu z jednej strony przyczyniają się do rozwoju ekonomicznego i wzrostu rentowności firm ABB, a z drugiej minimalizują szkodliwy wpływ na środowisko naturalne. W celu potwierdzenia swojego zaangażowania w działalność proekologiczną, w 1991 r. ABB zostało sygnatariuszem Karty Biznesu Międzynarodowej Izby Handlowej, przez co zobowiązało się do działania zgodnego z zasadami tej karty. Na podstawie karty stworzono w 1992 r. Program Zarządzania Ekologicznego. ABB Dolmel Ltd bierze bezpośredni udział w realizacji tego programu.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Glinka, Politechnika Śląska

Wpłynęło do Redakcji dnia 22 marca 1996 r.