

Adam POZOWSKI
AEG Mefta, Sp. z o.o.

TRANSFORMATORY ŻYWICZNE „MEFTABLOK” - NOWOCZESNY WYRÓB W NOWOCZESNEJ FABRYCE

Streszczenie. W artykule przedstawiono nowy wyrób AEG-Mefta - transformatory żywiczne „MEFTABLOK”. Opisano budowę tych transformatorów, a także ogólne zasady, którymi należy się kierować przy doborze odpowiedniego rodzaju transformatorów rozdzielczych w procesie inwestycyjnym.

CAST RESIN TRANSFORMERS „MEFTABLOK” - A MODERN PRODUCT OF A MODERN FACTORY

Summary. The paper is a presentation of the new product of AEG-Mefta: „MEFTABLOK” - the cast resin transformer. An outline of the main features of these transformers has been given as well as general guidelines have been presented to be followed when choosing the right type of a distribution transformer for the investment.

1. TRANSFORMATORY „MEFTABLOK” NA TLE ROZWOJU TRANSFORMATORÓW ROZDZIELCZYCH

Transformatory rozdzielcze w swej stuletniej historii przeżywały wiele etapów rozwoju. W swym początkowym stadium były to głównie transformatory suche o izolacji z włókna bawełnianego. Transformatory te były stosunkowo drogie i nieodporne ruchowo. Istotnym postępowaniem w dziedzinie transformatorów rozdzielczych były transformatory olejowe z izolacją na bazie papieru i oleju mineralnego. Transformatory te przez długie lata stanowiły przeważającą większość produkowanych transformatorów rozdzielczych. Równolegle niektóre firmy produkowały transformatory suche na bazie izolacji szklanej przesyconej lakierami elektroizolacyjnymi. W miejscach gdzie nie można było instalować transformatorów olejowych ze względu na zagrożenie pożarowe stosowano transformatory z Askarelem-niepalną cieczą izolacyjną. W początku lat 80 okazało się jednak, że ciecz ta stanowi olbrzymie zagrożenie,

ponieważ wydziela podczas palenia dioksyny i związki rakotwórcze. Transformatory z askaralem wymieniano więc na transformatory żywiczne i suche. Prawdziwym przełomem w tej sytuacji było zastosowanie w połowie lat 60 technologii do próżniowego zalewania mieszaniną żywiczną cewek transformatorów suchych. Początkowo stosowano w tym celu mieszaniną żywic szkłoepoksydowych z kwarcem. Transformatory wykonywane tą metodą dorównywały pod względem wytrzymałości napięciowej transformatorom olejowym. Miały jednak szereg wad. Jedną z nich była mała odporność na szoki termiczne, np. przy gwałtownych zmianach obciążenia lub przy pracy w niskich temperaturach. Stały rozwój konstrukcji i technologii tej gałęzi transformatorów doprowadził do powstania nowych wyrobów pozbawionych wad pierwszych rozwiązań. Obecnie wśród transformatorów z uzwojeniami zatopionymi w żywicy spotyka się dwa główne rozwiązania:

- transformatory z uzwojeniami owiniętymi matami szklanymi, i zalewanymi mieszanką epoksydową pod próżnią,
- transformatory z uzwojeniami z izolacją nawiniętą włóknem szklanym przesyconym „mokrą” żywicą.

Oba rozwiązania dają podobny efekt - transformator pewny ruchowo, odporny na narażenia napięciowe i zwarciove, odporny na szoki termiczne. Transformatory te są w pełni bezpieczne ekologicznie w miejscu zainstalowania i dużo bezpieczniejsze od transformatorów olejowych pod względem pożarowym

2. ZAGADNIENIA EKSPLOATACJI TRANSFORMATORÓW ROZDZIELCZYCH

Eksploatację transformatorów rozdzielczych, tzn. transformatorów służących do transformowania energii z sieci średnich napięć (6-30 kV) na napięcia niskie, można rozpatrywać pod kątem odbiorów, jakie mają zasilać, miejsca zainstalowania, oraz parametrów sieci odbiorczej i zasilającej. Generalnie wyróżniamy następujące charakterystyczne zastosowania transformatorów rozdzielczych:

- zasilanie sieci drobnych odbiorców wiejskich,
 - zasilanie sieci drobnych odbiorców miejskich,
 - zasilanie poszczególnych oddziałów dużych zakładów przemysłowych,
 - zasilanie średniej wielkości zakładów przemysłowych,
 - zasilanie pojedynczych odbiorów sterowanych urządzeniami energoelektronicznymi
- Każde z ww. zastosowań wymaga krótkiego omówienia.

Transformatory w wiejskich sieciach rozdzielczych to najczęściej transformatory małej mocy 16-100 kV·A i napięciu znamionowym 15-20 kV. Są one instalowane najczęściej jako stacje słupowe i jako takie zasilane z napowietrznych linii SN. Do takiego zastosowania najwłaściwsze są transformatory olejowe z olejem mineralnym. Przy mocach znamionowych tego rzędu są one wielokrotnie tańsze od innych transformatorów. Transformatory te mają nawet w wykonaniu standardowym stosunkowo niskie straty jałowe, co jest niezwykle istotne zważywszy na specyfikę dobowych poborów mocy odbiorców wiejskich. Ich małe rozmiary i

ciężar pozwalają ograniczyć wymiary słupów nośnych. Transformatory olejowe hermetyczne i hermetyzowane posiadają także dużą odporność na przepięcia atmosferyczne. Jedynie w obszarach, w których niedopuszczalne jest powstanie wycieków oleju (zlewnie wody pitnej, parki narodowe, rezerwy), alternatywą dla transformatorów olejowych są transformatorowe stacje słupowe. Ich koszt jest stosunkowo wysoki, ponieważ muszą pracować w odpowiedniej obudowie chroniącej przed narażeniami klimatycznymi. Jednak niejednokrotnie jest to jedyne rozwiązanie gwarantujące pełne bezpieczeństwo ekologiczne w miejscu zainstalowania.

Transformatory w sieciach zasilających miejskich to dzisiaj głównie transformatory olejowe usytuowane w stacjach poza budynkami mieszkalnymi, oraz w komorach wewnątrz budynków. Obserwowany w ostatnich latach wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w gospodarstwach miejskich niesie za sobą wielokrotnie konieczność wymiany transformatora na transformator o wyższej mocy. Zamiana na transformator olejowy może być trudna ze względu na konieczność wykonania dodatkowych instalacji do wychwytywania wycieków oleju. Także względy wykonania dodatkowej ochrony przeciwpożarowej mogą podnieść koszty takiej operacji. W tym przypadku korzystniejsze będzie zastosowanie transformatora żywicznego lub suchego konwencjonalnego. W zakresie mocy 400-1000 kV·A koszt tych transformatorów kształtuje się jak 1,8-1,3 kosztu transformatora olejowego. Jednocześnie transformatory te dają pełne bezpieczeństwo pożarowe. Przy planowaniu instalacji transformatora w nowych budynkach zdecydowanie najkorzystniejsze jest stosowanie transformatorów suchych konwencjonalnych lub transformatorów żywicznych. Gwarantuje to najniższy poziom ogólnych kosztów inwestycyjnych, oraz najlepsze parametry eksploatacyjne. Transformatory żywiczne i suche stosowane w budynkach mieszkalnych i budynkach użytkowych powinny charakteryzować się obniżonym poziomem hałasu.

Transformatory rozdzielcze w dużych zakładach przemysłowych stosowane są z reguły do zasilania oddziałów produkcyjnych. Są to zazwyczaj transformatory o mocy od 630 do 2500 kV·A. Najczęściej spotykane napięcie zasilania w tej grupie to 6,3 kV. Zastosowanie transformatorów suchych lub żywicznych ułatwia wiele rozwiązań projektowych. Na przykład, można umiejscowić transformatory w jednym pomieszczeniu z aparaturą łączeniową rozdzielni. Transformatory te w odpowiedniej obudowie zapewniają pełne bezpieczeństwo obsługi. Interesująca jest możliwość zainstalowania tych transformatorów w obudowie łukochronnej. W zakładach o bardzo rozległym obszarze istnieje możliwość stosowania przewoźnych stacji transformatorowych z transformatorami żywicznymi.

Transformatory przeznaczone do zasilania urządzeń energoelektroniki powinny być wykonywane pod konkretne wymagania zasilanego układu. Są to zwykle transformatory o mocy 630-1600 kV·A. Do tego celu nie jest wskazane stosowanie typowych, katalogowych transformatorów rozdzielczych. Wyższe przyrosty temperatury uzwojeń, spowodowane harmonicznymi prądami, oraz wyższe przyrosty temperatury rdzenia i podwyższony poziom hałasu będące wynikiem harmonicznego napięcia muszą być uwzględnione już na etapie projektowania. Generalnie transformatory suche charakteryzują się w tym trybie pracy lepszymi parametrami. Posiadają one większą możliwość chwilowych przeciążeń ze względu na wyższą w porównaniu z transformatorami olejowymi cieplną stałą czasową. Także w tym przypadku niezwykle istotna jest przewaga transformatorów bez łatwo palnych cieczy chł-

dzących pomagająca na możliwości zainstalowania praktycznie w dowolnym miejscu zakładu bez dodatkowych kosztów inwestycyjnych.

Transformatory przeznaczone do zasilania średniej wielkości zakładów przemysłowych - to w większości przypadków transformatory o mocy 630-1600 kV·A. W poprzednich latach były to w większości transformatory olejowe, zainstalowane w specjalnie przygotowanych komorach. Obecnie w nowo budowanych fabrykach najczęściej stosowane są transformatory żywiczne, jako najlepiej spełniające wymagania eksploatacyjne. Także w starszych zakładach, w przypadku konieczności powiększenia mocy, można z powodzeniem zastąpić transformator olejowy transformatorem suchym lub żywicznym o wyższej mocy, bez konieczności poniesienia dodatkowych nakładów inwestycyjnych.

Generalnie w większości z zastosowań transformatorów rozdzielczych najbardziej racjonalnym wyborem jest instalacja odpowiedniej odmiany transformatora żywicznego. W sieciach, gdzie nie występują szczególnie silne przepięcia atmosferyczne lub łączeniowe, do zabudowy wewnętrznej nadają się także konwencjonalne transformatory suche. Sprawdzają się one doskonale w tych warunkach do napięcia znamionowego 15 kV. Dotyczy to w szczególności transformatorów suchych nowej generacji serii TFISO. Mając na uwadze zmieniające się wymagania rynku AEG-Mefta rozpoczęła na początku lat 90 prace nad opracowaniem własnej serii transformatorów żywicznych. Zaowocowało to uruchomieniem w połowie 1994 r. produkcji transformatorów żywicznych „MEFTABLOK”.

3. TRANSFORMATORY „MEFTABLOK” - ICH BUDOWA I ZASTOSOWANIE

3.1. Budowa rdzenia

Transformatory „MEFTABLOK” posiadają rdzeń z blach zimnowalcowanych o niskiej stratności. Cięcie blach rdzenia odbywa się na w pełni zautomatyzowanej linii, co pozwala na uzyskanie wykrojów o wysokiej dokładności wymiarów, pozbawionych gratu. Stosowanie ukosowania blach w węzłach oraz prasowanie jarzma bez otworowania blach pozwala uzyskać bardzo niski poziom strat biegu jałowego transformatora.

3.2. Ochrona antykorozyjna

Rdzeń transformatora malowany jest dwuskładnikowym lakierem chromianowym z dodatkiem pigmentu antykorozyjnego. Elementy konstrukcji prasującej malowane są farbami epoksydowymi. W przypadku wykonań specjalnych możliwe jest wykonanie malowania zestawem farb epoksydowych i poliuretanowych.

3.3. Budowa uzwojeń DN

Uzwojenia DN wykonywane są w większości (od mocy 400 kV·A) przypadków z taśmami miedzianymi. Pomędzy taśmami miedzianymi nawijany jest prepreg-taśma izolacyjna termo-

utwardzalna. Po utwardzeniu spaja ona taśmy miedziane w odporny na siły zwarciove monolit. Zastosowanie taśmy miedzianej jako materiału nawojowego skutecznie ogranicza osiowe siły zwarciove. Jednocześnie odpowiedni sposób zaklinowania na rdzeniu uodparnia uzwojenie na działanie promieniowych sił zwarciowych. Metoda nawijania pozwala na łatwe tworzenie kanałów chłodzących, dzięki którym wyrównuje się rozkład temperatury wewnątrz uzwojenia. Jednocześnie najwyższe napięcia występujące wewnątrz uzwojenia to napięcia międzyzwojowe, czyli napięcia bardzo niskie. Ponieważ zastosowane taśmy izolacyjne mają wysokie parametry elektryczne, tak skonstruowane uzwojenie jest wysoce odporne na narażenia napięciowe.

3.4. Budowa uzwojeń GN

Uzwojenia GN wykonywane są jako uzwojenia żywiczne w technologii rovingowej. Warstwowy rozkład cewki zapewnia liniowy rozkład napięcia udarowego, a co za tym idzie, bardzo dobrą odporność na przepięcia. Uzwojenie GN tworzone jest poprzez naprzemienne nakładanie warstw włókna szklanego przesyconego żywicą epoksydową oraz przewodu miedzianego w izolacji lakierowej kl H. Właściwy dobór warstw włókna szklanego zapewnia optymalną izolację główną i międzywarstwową. Cały proces nawijania odbywa się na sterowanych komputerowo nawijarkach. Włókno szklane nakładane w procesie nawijania „na mokro”, tzn. z nieutwardzoną żywicą pod odpowiednim naciąganiem, tworzy zwarty monolit odporny na wszelkie udary mechaniczne. Jednocześnie technologia ta nie stwarza zagrożenia powstawania wtrącin powietrza, w których mogą zapalać się wyładowania niezupełne. Uzwojenie po nawinięciu utwardzane jest w sterowanych mikroprocesorowo suszarkach.

3.5. System prasowania uzwojeń

Uzwojenia DN i GN osadzone są na elastycznych wstawkach zapewniających doskonałą ich współpracę pomiędzy sobą i z rdzeniem magnetycznym. Pomiedzy uzwojeniem GN i DN nie znajdują się żadne kliny, na których zwykle osadzają się zanieczyszczenia. Gwarantuje to właściwą pracę transformatora także w warunkach silnego zapylenia.

3.6. Obudowy

Transformatory „MEFTABLOK” mogą zostać dostarczone w obudowach o stopniu ochrony IP20 lub IP23. Dzięki w pełni skomputeryzowanemu procesowi projektowania i konstrukcji możliwe są różne rozwiązania wyprowadzeń mocy oraz dopasowania do wyposażenia rozdzielni. Transformatory o mocy do 250 kV·A mogą zostać dostarczone w obudowach IP43 dostosowanych do ustawienia na słupie. Istnieje także możliwość dostarczenia transformatorów o mocy 630-1600 kV·A i napięciu 6.3 kV w obudowie łukochronnej.

3.7. Zastosowanie

Transformatory żywiczne „MEFTABLOK” znajdują zastosowanie we wszystkich sytuacjach opisanych w rozdz. 2. Spełniają one normę IEC 726 dotyczącą transformatorów suchych i żywicznych oraz na życzenie mogą spełniać inne narodowe normy. W zależności od tego, jaki rodzaj odbiorów mają zasilać, AEG-Mefta wyróżnia następujące typy tych transformatorów:

Typ transformatora	Rodzaj odbiorów	Parametry	Stopień ochrony
TZM	Typowy transformator rozdzielczy	Standardowe	IP00, IP20, IP23
TZMB	Do stacji wewnątrz budynków	Straty jałowe o ok. 30% niższe, obniżony poziom hałasu	IP00, IP20, IP23
TZMF	Do zasilania urządzeń energoelektroniki	O 15% niższe przyrosty temperatur, indukcja obniżona o ok. 20%	IP00, IP20, IP23
TZMFS	Do zasilania urządzeń energoelektroniki ze szczególnie wysokim udziałem wyższych harmonicznych	O 25% niższe przyrosty temperatur, indukcja obniżona o 25%	IP00, IP20, IP23
TZM3F	Trójzwojeniowe do zasilania przekształtników 12-pulsowych	Niższe przyrosty temperatury, indukcja obniżona o ok. 15%	IP00, IP20, IP23
TZMT	Do zasilania prostowników trakcyjnych	Indukcja obniżona o 5%	IP00, IP20, IP23
TZM3T	Trójzwojeniowy do zasilania prostowników trakcyjnych	Indukcja obniżona o 5%, niższe przyrosty temperatur	IP00, IP20, IP23
TZMG	Do układów wzbudzenia generatorów	Indukcja obniżona o 5%	IP23
TZMS	Do stacji słupowych	Obniżone straty jałowe	IP43

4. KIERUNKI ROZWOJU TRANSFORMATORÓW ROZDZIELCZYCH

Transformatory żywiczne stanowią obecnie dużą część stosowanych transformatorów rozdzielczych. Od 20 lat obserwuje się w Europie Zachodniej zastępowanie transformatorów olejowych, szczególnie wyższych mocy, transformatorami żywicznymi. Jest to związane przede wszystkim z coraz większą troską o środowisko naturalne. Transformatory żywiczne, także po zużyciu, nie będą stanowiły dla niego obciążenia. Zużyte cewki poddaje się procesowi rozkruszania w celu odzyskania miedzi, a pozostałą żywicę wypala się w piecach pirolitycznych.

W stacjach umieszczonych wewnątrz budynków nie stosuje się już praktycznie transformatorów olejowych ze względu na zastrzone przepisy przeciwpożarowe oraz przepisy o ochronie środowiska naturalnego. Koszty energii wymuszają także stały postęp w dziedzinie ulepszania technologii i konstrukcji w kierunku obniżania strat, szczególnie strat biegu jałowego.

W Polsce transformatory żywiczne stosowane są od niedawna, jednak znajdują coraz więcej zastosowań. Można przypuszczać, że do 2000 r. transformatory te wraz z transformatorami suchymi konwencjonalnymi będą zajmować co najmniej 30% rynku transformatorów rozdzielczych, z tendencją do stałego wzrostu.

Recenzent: Dr hab. inż. Jerzy Hickiewicz, prof. WSI w Opolu

Wpłynęło do Redakcji dnia 18 marca 1996 r.



Wydawnictwo Techniczne
ul. Katowicka 11, 41-200 Opole
tel. (042) 25 11 11, 25 11 12, 25 11 13
fax (042) 25 11 14, 25 11 15

ISSN 0013-788X
Cena 12,00 zł
Kod pocztowy 41-200
Opole