

**Danuta ADAMCZEWSKA, Iwonna BOROWSKA-BANAŚ,
Wiesław JAŁMUŻNY**

ARTYKUŁ TECHNICZNY

POLITECHNIKA ŁÓDZKA, INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI, ZAKŁAD PRZEKŁADNIKÓW I KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ
ul. Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź
dr inż. Wiesław Jałmużny wieslaw.jalmuzny@p.lodz.pl, dr inż. Danuta Adamczewska danuta.adamczewska@p.lodz.pl,
dr inż. Iwonna Borowska-Banaś iwonnabb@p.lodz.pl

Aplikacyjne programy komputerowe do projektowania przekładników

Streszczenie

W artykule przedstawiono autorskie programy komputerowe do obliczeń projektowych przekładników prądowych i napięciowych.

Słowa kluczowe: przekładniki prądowe, przekładniki napięciowe, charakterystyka magnesowania, charakterystyka stratności, rdzenie składane osiowo, rdzenie składane promieniowo.

Computer software application for designing instrument transformers

Abstract

The author's computer programs for designing current and voltage transformers there are presented in the paper.

Keywords: current transformers, voltage transformers, magnetization curve, specific losses curve, axial composed cores, radial composed cores.

1. Wstęp

Przekładniki są ważnymi elementami systemów energetycznych wykorzystywanymi do rozliczania energii elektrycznej, dlatego wymagana jest ich stosunkowo duża dokładność. Bardzo często priorytetem w projektowaniu przekładników jest nie tylko wysoka dokładność i niska cena, ale również, przy przetężeniach, ochrona przyrządów pomiarowych podłączonych do uzwojenia wtórnego oraz małe gabaryty konstrukcji.

Aby ułatwić pracę projektantom autorzy opracowali modele cyfrowe przekładników, które posłużyły do stworzenia algorytmów programów komputerowych. Wspomagana komputerowo metoda symulacji matematycznej umożliwia wyznaczenie parametrów geometrycznych i elektrycznych różnych rodzajów przekładników w wielu wersjach.

Na bibliotekę programów składają się programy do projektowania następujących rodzajów przekładników:

- prądowe do pomiarów [1, 2, 3],
- prądowe do zabezpieczeń klasy P do pracy w zwarciovym stanie ustalonym,
- prądowe do pracy w stanach przejściowych klasy TP [4],
- napięciowe indukcyjne do pomiarów [5, 6, 7],
- napięciowe indukcyjne do zabezpieczeń,
- kombinowane [8].

Dzięki tym programom konstruktorzy są w stanie w bardzo krótkim czasie zaprojektować przekładnik o dowolnych parametrach. Programy do projektowania przekładników zostały zweryfikowane w przemyśle. Korzysta z nich wielu producentów przekładników.

2. Projektowanie przekładników prądowych

Obwody magnetyczne przekładników prądowych są najczęściej wykonywane w postaci rdzeni toroidalnych z jednolitego materiału ferromagnetycznego, na przykład stali elektrotechnicznej lub nowoczesnych materiałów magnetycznych takich jak: permalój, materiał nanokrystaliczny, materiał amorficzny. W wielu przypadkach, konstruktorzy stają przed trudnym zadaniem takiego kształtowania charakterystyk magnetycznych materiałów rdzeni przekładników prądowych, które zapewnią odpowiednie warunki pracy, zarówno w stanie pracy normalnej jak i przy przetężeniach, przy jednoczesnym ograniczeniu gabarytów.

Istotne znaczenie ma również aspekt ekonomiczny zagadnienia. Stosunkowo duże ceny nowoczesnych materiałów magnetycznych miękkich najczęściej uniemożliwiają ich zastosowania w rdzeniach jednorodnych.

Jednym ze skutecznych sposobów osiągnięcia optymalnych konstrukcji jest wprowadzenie niejednorodnej struktury obwodów magnetycznych w postaci rdzeni składanych. W rdzeniach tego rodzaju, do zasadniczej części wykonanej ze stali elektrotechnicznej, dodawany jest rdzeń z nowoczesnego materiału ferromagnetycznego o znacznie lepszych właściwościach magnetycznych [9].

Składanie rdzeni powoduje korzystne ukształtowanie charakterystyki magnesowania. W części początkowej tej charakterystyki zwiększona jest przenikalność magnetyczna. Wypadkowa indukcja nasycenia materiału magnetycznego zmniejsza się, co umożliwia zmniejszenie wartości współczynnika bezpieczeństwa FS.

Do projektowania obwodów magnetycznych pracujących przy prądzie przemiennym niezbędna jest znajomość charakterystyki magnesowania i stratności tych obwodów. Można korzystać z charakterystyk dostarczonych przez producentów materiałów magnetycznych, ale najczęściej takie charakterystyki nie obejmują zakresów indukcji poniżej 0,1 T. Charakterystyki materiału w zakresie od kilku mT do indukcji nasycenia można wyznaczyć stosując program bazujący na autorskiej metodzie wyznaczania charakterystyk magnesowania i stratności na podstawie błędów próbnego przekładnika prądowego [10]. Zastosowanie dokładnych charakterystyk magnetycznych umożliwia znaczne zmniejszenie gabarytów projektowanych przekładników, co przy dużych konstrukcjach przynosi niebagatelne oszczędności.

Opracowany program komputerowy, którego ekran startowy pokazany jest na rys. 1, służy do projektowania przekładników prądowych do pomiarów i zabezpieczeń. W programie przewidziana została również opcja AUTOMATYCZNY, która umożliwia zaprojektowanie konstrukcji o narzuconej dokładności transformowania prądu i zadanych wymiarach geometrycznych.



Rys. 1. Ekran startowy programu do projektowania przekładników prądowych do pomiarów i zabezpieczeń

Fig. 1. Print screen of the calculating program for current transformers designed for measurements and protectors

Przekładniki prądowe należą również do ważniejszych elementów układów automatyki zabezpieczeniowej. Jednym z ich zadań jest transformowanie prądów charakteryzujących stan systemu elektroenergetycznego lub stan chronionego elementu na prądy o wielkościach odpowiednich do sterowania dalszymi

układami. Pracujące w takich warunkach przekładniki nazywamy **zabezpieczeniowymi** (klasa TP). Mają one za zadanie dostarczanie informacji o przebiegach prądów w stanach awaryjnych. Wiele nowoczesnych zabezpieczeń ma tak krótkie czasy działania, że pomiaru prądu dokonuje się w warunkach zwarciovych stanów nieustalonych. W stanach tych występują błędy transformacji prądu wywołane obecnością składowej nieokresowej indukcji magnetycznej, która wynika z pojawienia się składowej nieokresowej w prądzie pierwotnym.

Norma wyróżnia trzy rodzaje przekładników prądowych przeznaczonych do pracy w stanach nieustalonych: przekładniki klasy TPX, TPY i TPZ.

Autorzy, opracowali metodę projektowania przekładników do stanów nieustalonych. Ekran startowy programowej aplikacji opracowanej metody pokazany jest na rys. 2.



Rys. 2. Ekran startowy programu do projektowania przekładników do stanów nieustalonych

Fig. 2. Print screen of the calculating program for transient states transformers

3. Projektowanie przekładników napięciowych

Konstrukcja rdzenia przekładnika napięciowego zależy od wartości napięcia znamionowego uzwojenia pierwotnego przekładnika.



Rys. 3. Ekran startowy programu do projektowania przekładników napięciowych indukcyjnych

Fig. 3. Print screen of the program for the calculations of volatile inductive transformers

Do niskich i średnich napięć stosowane są konstrukcje jednostopniowe (klasyczne), natomiast do wysokich napięć

konstrukcje wielostopniowe (kaskadowe). Przekładniki napięciowe jednostopniowe to konstrukcje składające się z jednego rdzenia oraz uzwojeń: pierwotnego i wtórnego. Przekładniki napięciowe indukcyjne wielostopniowe składają się z jednego lub kilku rdzeni oraz z kilkusekcyjnego uzwojenia pierwotnego, uzwojenia wtórnego, uzwojeń sprzęgającego i wyrównawczego umożliwiających zaprojektowanie przekładników na wysokie napięcia (do 400kV) przy znacznie cieńszej izolacji.

W przekładnikach tych stosuje się dwa rozwiązania konstrukcyjne rdzeni: rdzeń ramkowy i rdzeń taśmowy zwijany.

Opracowany przez autorów program do projektowania przekładników napięciowych indukcyjnych, którego ekran startowy przedstawia rys. 3, uwzględnia wszystkie wymienione możliwości konstrukcyjne.

4. Projektowanie przekładników kombinowanych

Przekładniki kombinowane składają się z przekładnika prądowego i napięciowego umieszczonych we wspólnym izolatorze. Stosuje się je w systemach elektro-energetycznych, przede wszystkim przy wysokich napięciach. Stosowanie przekładników kombinowanych daje korzyści polegające na zastąpieniu dwóch przekładników w oddzielnych obudowach, przez dwa przekładniki pracujące w jednej obudowie, co pozwala zmniejszyć koszty produkcji i osiągnąć mniejszą masę takiej konstrukcji. Ekran startowy programu do projektowania przekładników kombinowanych przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Ekran startowy programu do projektowania przekładników kombinowanych

Fig. 4. Print screen of the program for combined transformer calculations

5. Podsumowanie

We wszystkich opracowanych programach konieczne jest podanie wejściowych danych znamionowych projektowanego przekładnika. Dane te dotyczą wartości znamionowych parametrów elektrycznych (prądy, napięcia, częstotliwość, moce, współczynnik mocy), parametrów związanych z dokładnością transformowania (klasa) oraz zakładanych parametrów konstrukcyjnych (zarówno geometrycznych jak i materiałowych).

Wynikami obliczeń są dane projektowe dotyczące uzwojeń (średnice i długości, tabela uzwojania), rdzenia (wymiarów). Użytkownik programów otrzymuje także wyniki obliczeń, zgodnie z normami, błędów amplitudowych i kątowych projektowanych przekładników oraz wskazówki dotyczące ewentualnej korekcji zwojowej.

Wszystkie wejściowe dane znamionowe oraz wyniki obliczeń projektu mogą zostać wydrukowane w postaci odpowiedniego raportu.

6. Literatura

- [1] Adamczewska D., Borowska-Banaś I., Jałmużny W.: Program obliczania rdzeni i uzwojeń przekładników prądowych. Mat. Materiały XVII Krajowego Sympozjum Przekładnikowego. 2002, s. 31-38.
- [2] Adamczewska D., Borowska-Banaś I., Jałmużny W.: Dobór rdzeni składanych do przekładników prądowych. Materiały XV Krajowego Sympozjum Przekładnikowego. 2000, s. 56-62.
- [3] Adamczewska D., Borowska-Banaś I., Jałmużny W.: Zagadnienia związane z optymalizacją techniczną konstrukcji przekładników prądowych w trybie projektowania automatycznego. Materiały XVII Krajowego Sympozjum Przekładnikowego. 2002, s. 39-47.
- [4] Adamczewska D., Borowska-Banaś I., Jałmużny W.: Projektowanie przekładników zabezpieczeniowych przeznaczonych do pracy w stanach nieustalonych. CAD for protective current transformers for transient performance, Przegląd Elektrotechniczny 2005, R.81 nr 1 s. 32-36.
- [5] Jałmużny W., Adamczewska D., Borowska-Banaś I.: Metody symulacyjne w projektowaniu przekładników napięciowych indukcyjnych, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej Elektryka 2006 nr 110 s.27-38.
- [6] Jałmużny W., Adamczewska D., Borowska-Banaś I.: Komputerowa analiza właściwości metrologicznych napięciowych przekładników kaskadowych. Mat Konferencji Naukowo-Technicznej Przekładnik'96. 1996, s. 1-7.
- [7] Jałmużny W., Adamczewska D., Borowska-Banaś I.: Modelowanie wielostopniowych przekładników napięciowych indukcyjnych, Przegląd Elektrotechniczny 2011 nr 11, str. 5-7.
- [8] Koszmider A., Adamczewska D., Borowska-Banaś I., Jałmużny W.: Aplikacja autorskich programów komputerowych do projektowania przekładników kombinowanych. Authors specific software dedicated to design combined instrument transformers. Mat. II Konferencji Grantowej: Metody Numeryczne w Obliczeniach Urządzeń Elektrycznych. Warszawa 2002, s. 67-72.
- [9] Adamczewska D., Borowska-Banaś I., Jałmużny W.: Measuring current transformers with magnetic cores composed of different softmagnetic materials, 20th International Conference on Soft Magnetic Materials, 9.2011, Kos, materiały konferencyjne.
- [10] Adamczewska D., Borowska-Banaś I., Jałmużny W.: Estimating current transformer core characteristics application. Program do wyznaczania charakterystyk rdzeni przekładników prądowych, Energetyka, problemy energetyki i gospodarki paliwowo-energetycznej, XII 2010, str. 601-603.

otrzymano / received: 23.04.2013

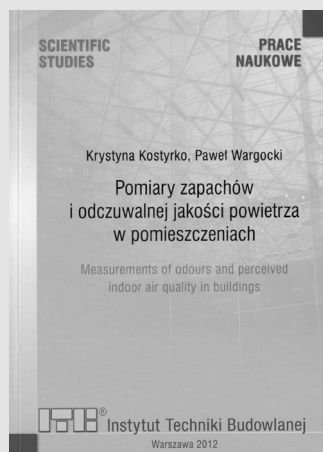
przyjęto do druku / accepted: 03.06.2013

RECENZJE

Pomiary zapachów i odczuwalnej jakości powietrza w pomieszczeniach

Krystyna Kostyrko, Paweł Wargocki

Wyd. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2012, str. 452, ISBN 978-83-249-5037-9



Wrażenia zapachowe grywają bardzo ważną rolę w codziennym życiu każdego człowieka, przyczyniając się do poprawy samopoczucia, gdy są przyjemne lub istotnie pogarszając komfort życia, gdy są odbierane negatywnie. Omawiana książka, która pojawiła się na rynku w poprzednim roku dotyczy więc istotnych aspektów środowiska człowieka. Jest ona ukierunkowana na zagadnienia pomiaru zapachów i jakości powietrza, związanej z ich występowaniem, jednak za-

kres problematyki tej publikacji jest znacznie szerszy, gdyż przedstawiono w niej także aspekty ekonomiczne, społeczne i medyczne środowiska, w którym występują zapachy odczuwane jako nieprzyjemne. W szczególności książka w początkowej części zawiera opis postrzegania zapachów przez człowieka, co stanowi podstawę kolejnych rozważań na temat problematyki mierzenia zapachów, zarówno w sposób subiektywny związany z odczuciami człowieka, jak i obiektywny, ukierunkowany na pomiar intensywności określonego bodźca węchowego, jako stężenia odorantu w powietrzu. W następnych rozdziałach przedstawiono kryteria oceny zapachowych zanieczyszczeń powietrza oraz podstawy wiedzy o jakości powietrza, ocenianej z punktu widzenia odczuć człowieka przebywającego w różnego rodzaju pomieszczeniach. Kolejne rozdziały książki dotyczą diagnozowania występowania złego zapachu w budynkach i prowadzenia badań laboratoryjnych

emisji zanieczyszczeń zapachowych w różnych warunkach środowiska wewnętrznego oraz ograniczania wpływu tych zanieczyszczeń. Opis zagadnień związanych z pomiarem zapachów jest kontynuowany w następnych rozdziałach, w których Autorzy najpierw przedstawiają problematykę pomiarów sensorycznych, wykonywanych przez reprezentatywną grupę ludzi, a następnie przechodzą do prezentacji pomiarów polegających na oznaczaniu stężeń odorantów w powietrzu metodami laboratoryjnymi oraz przy użyciu mierników przenośnych, a także przyrządów nazywanych sztucznymi nosami. Książkę zamyka rozdział dotyczący różnego rodzaju kosztów pogorszonej jakości powietrza wynikającej ze złych zapachów.

Lektura scharakteryzowanej książki skłania do wniosku, że stanowi ona kompendium współczesnej wiedzy na temat zapachów, związanej zarówno z ich powstawaniem, jak i mierzeniem oraz analizą wpływu na odczucia człowieka. Napisana jest klarownym i przystępnym językiem, dzięki czemu może być przedmiotem zainteresowania nie tylko metrologów zajmujących się pomiarami zapachów, ale także szerszego grona czytelników, których interesuje tematyka odczuć człowieka w ważnej dla jego samopoczucia sferze zapachów. Biorąc pod uwagę złożoność zagadnień pomiaru zapachów, wynikającą z konieczności odniesienia ich wyników do subiektywnych odczuć człowieka, książka może stanowić godną polecenia i intelektualnie inspirującą lekturę dla osób interesujących się teorią pomiaru w szybko rozwijających się nowych obszarach współczesnej metrologii. Bogata bibliografia podana po każdym rozdziale pozwala w razie potrzeby na dalsze zgłębianie rozpatrywanych w nich zagadnień.

Jerzy JAKUBIEC