



Jerzy Bielecki\*, Antoni Majewski\*\*

## IZOLATORY PORCELANOWE — WYMAGANIA NORM PODSTAWĄ ZAPEWNIENIA JAKOŚCI

**Streszczenie:** Aktualne oczekiwania energetyki spowodowały podniesienie jakości izolatorów. Właściwości produkowanych obecnie w ZPE „ZAPEL” S.A. izolatorów w pełni odpowiadają zarówno wymaganiom norm krajowych jak i międzynarodowych. W celu sprawdzenia zgodności z wymaganiami, izolatory poddaje się ustalonym w normach badaniom, a także próbom dodatkowym w zależności od warunków eksploatacji. Zaostrzone kryteria odbioru zmierzają do zapewnienia jak najwyższej niezawodności izolatorów w czasie pracy.

**Słowa kluczowe:** izolator, norma, jakość, system jakości, badania, niezawodność

### 1. Wstęp

Głównym producentem elektroenergetycznych izolatorów porcelanowych są w Polsce Zakłady Porcelany Elektrotechnicznej „ZAPEL” w Boguchwale (od czerwca 1992 r. — pracownicza Spółka Akcyjna). Największym odbiorcą wyrobów „ZAPEL”-u jest oczywiście krajowa energetyka, ale dużą część produkcji sprzedaje się także za granicę i to do krajów o wysokim poziomie gospodarczym jak np. Niemcy, Szwajcaria, Francja, Włochy, czy kraje skandynawskie. Jest rzeczą zrozumiałą, że w dobie ostrej konkurencji, na rynku mogą się utrzymać jedynie wyroby najwyższej jakości — spełniające wymagania zawarte nie tylko w normach krajowych, ale i międzynarodowych, regionalnych lub zagranicznych, np. DIN czy BS. Omówione w niniejszym referacie zagadnienie osiągnięcia wysokiej jakości izolatorów zgodnej z wymaganiami norm, jest wynikiem praktycznych doświadczeń w ZPE „ZAPEL” S.A.

Normalizacja izolatorów ma w Polsce długą i bogatą historię. Pierwszą polską normę dotyczącą izolatorów opracował Polski Komitet Elektrotechniczny (przy

---

\* Instytut Energetyki, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa

\*\* Zakłady Porcelany Elektrotechnicznej „ZAPEL” S.A., ul. Techniczna 1, 36-040 Boguchwała

współdziałale Stowarzyszenia Elektryków Polskich) już w 1927 r. Miała ona tytuł „Izolatory liniowe wysokiego napięcia”. Od tego czasu, wraz z rozwojem techniki wysokich napięć i postępowaniem w dziedzinie inżynierii materiałowej, powstają kolejne normy „izolatorowe”, w których podawano najczęściej wymagania i metody badań izolatorów wprowadzanych do produkcji i eksploatacji.

Również dzisiaj, w dobie zaawansowanych przekształceń gospodarczych, stosowanie norm (choć zgodnie z nową ustawą o normalizacji — dobrowolne) jest w branży izolatorów powszechne. Stanowią one przede wszystkim wygodną płaszczyznę porozumienia między wytwórcą a zamawiającym. Są jednocześnie podstawą do określenia najistotniejszych wymagań produkowanych izolatorów, a w konsekwencji, służą osiągnięciu i zapewnieniu wysokiej jakości produkcji. W systemie zapewnienia jakości, który jest również systemem normatywnym, normalizacja spełnia ważną rolę porządkującą. Należy jednak zaznaczyć, że spełniając wymagania norm, każdy wyrób może mieć dodatkowo jeszcze wiele innych właściwości (podanych np. w dokumentacji technicznej), które czynią go atrakcyjniejszym dla klienta.

## 2. Jakość i niezawodność izolatorów

W 1993 r. wydano w Polsce po raz pierwszy normy dotyczące systemu zapewnienia jakości. Były to Polskie Normy wprowadzające normy międzynarodowe serii ISO 9000. Już wcześniej, w wielu zakładach próbowano wdrożyć system zapewnienia jakości posługując się oryginałami norm międzynarodowych, jednak dopiero ukazanie się norm krajowych będących ich odpowiednikami (PN-ISO), umożliwiło powszechny dostęp do wymagań dotyczących tych systemów.

Istotnym uzupełnieniem norm ISO serii 9000 była i jest norma terminologiczna ISO 8402 wydana również jako PN.

Jakość w rozumieniu PN-ISO 8402:1993 to: „Ogół cech i właściwości wyrobu lub usługi decydujących o zdolności wyrobu lub usługi do zaspokojenia stwierdzonych lub przewidywanych potrzeb”. Natomiast niezawodność według tej normy to: „Zdolność obiektu do wykonania wymaganych funkcji w określonych warunkach i określonym przedziale czasu”.

Ograniczając się jedynie do jakościowego ujęcia problemu niezawodności izolatorów można przyjąć, że o ich „zdolności do wykonania wymaganych funkcji” decyduje „ogół cech i właściwości”. Tak więc osiągnięcie i utrzymanie wysokiego poziomu jakości jest gwarancją oczekiwanego przez użytkowników czasokresu bezawaryjnej pracy izolatorów.

Cechy i właściwości izolatorów, które z punktu widzenia niezawodności muszą być bezwzględnie osiągnięte — podają normy zarówno podstawowe (zwane poprzednio ogólnymi), jak i wyrobu (nazywane jeszcze dość często przedmiotowymi).

## 3. Znormalizowane właściwości izolatorów

Podane w normach właściwości i szczególne cechy izolatorów wynikają z ich przeznaczenia. Można je ogólnie podzielić na elektryczne i mechaniczne.

Parametry elektryczne są związane w zasadzie z cechami geometrycznymi izolatora (np. droga upływu i przeskoku) i praktycznie nie zmieniają się w czasie dla danej konstrukcji. Właściwości te sprawdza się jedynie okresowo (lub nawet jednorazowo) w ramach badań typu.

Oprócz cech elektrycznych, o niezawodności izolatora decydują również właściwości mechaniczne, o których (oprócz parametrów geometrycznych) decydują w dużym stopniu:

- rodzaj tworzywa ceramicznego i zastosowane surowce,
- ścisłe przestrzeganie wymagań technologicznych na poszczególnych etapach procesu technologicznego,
- system kontroli międzyoperacyjnej i badań końcowych.

Jak widać, o właściwościach, a tym samym o jakości izolatora, decyduje szereg czynników. W normach podaje się zakres niezbędnych badań, których celem jest sprawdzenie, czy osiągnięto wymagane parametry izolatora. Wewnętrzny system zapewnienia jakości, opierając się o wymagania norm, ustala szczegółowe procedury nadzoru, kontroli i badań, wykonywanych zarówno w trakcie procesu, jak i na gotowym wyrobie. W ten sposób wymagania obydwu grup norm (dotyczących izolatorów i systemu zapewnienia jakości) uzupełniają się wzajemnie tworząc spójny układ.

#### 4. Badania izolatorów

Od lat, zgodnie z wymaganiami podanymi w normach krajowych i międzynarodowych, wykonuje się trzy podstawowe rodzaje badań izolatorów:

- badania wyrobu,
- badania kontrolno-odbiorcze,
- badania typu.

Kolejność wykonywania powyższych badań ma swoje uzasadnienie. Badania wyrobu, zwane niekiedy — dla lepszego zrozumienia — badaniami stuprocentowymi, to dzisiaj bardzo istotna faza procesu technologicznego. Próby wchodzące w zakres tych badań są niekiedy bardzo pracochłonne, jak chociażby próba mechaniczna na zginanie w kilku kierunkach izolatorów wsporczych.

Z kolei, partia izolatorów przedstawiona do badań kontrolno-odbiorczych musi przejść wcześniej z wynikiem dodatnim badania wyrobu. Natomiast do badań typu izolatory należy pobrać z partii uznanej za dobrą na podstawie badań kontrolno-odbiorczych.

Niezależnie od badań podstawowych, wykonuje się także szereg badań specjalnych, niekoniecznie znormalizowanych, choć można się z ich opisem spotkać w niektórych normach. Do badań tych zalicza się między innymi:

- badania prototypów (w fazie przedprodukcyjnej — przy opracowywaniu nowej konstrukcji), czy też
- badania konstruktorskie (sprawdzanie wskazanych właściwości izolatora).

Celem takich prób jest niewątpliwie uzyskanie pełniejszej informacji o właściwościach danego izolatora, możliwość zagwarantowania wyższych parametrów, a tym

samym przedstawienie atrakcyjniejszej oferty. Próby te można również wykonywać na specjalne życzenie klienta.

## 5. Procedury badań odbiorczych

Badania kontrolno-odbiorcze należą do tej grupy badań, w których na podstawie prób i sprawdzeń wykonanych na pobranej losowo niewielkiej ilości izolatorów (tzw. próbce) wnioskuje się o właściwościach całej partii wyrobów. Oceny partii dokonuje się więc z pewnym ściśle określonym prawdopodobieństwem, zależnym od przyjętego planu badania.

Można, jak wiadomo, popełnić przy tym dwojakiego rodzaju błędy:

- odrzucić partię dobrą, chociaż powinno nastąpić jej przyjęcie,
- przyjąć partię złą, choć powinno się ją odrzucić.

Jest rzeczą zrozumiałą, że obie strony (wytwórca i zamawiający) chciałyby ponosić jak najmniejsze ryzyko, jednak wraz ze zmniejszaniem prawdopodobieństwa popełnienia błędów, bardzo szybko rosną koszty badań (większa liczność próbki i pracochłonność). Wybór najlepszej procedury jest od dawna przedmiotem stałych studiów, a ich efekty wprowadza się do norm przy kolejnych nowelizacjach.

Jak wspomniano, jedną z najważniejszych cech izolatorów porcelanowych jest ich wytrzymałość mechaniczna. Do 1990 r. powszechnie przyjętą metodą oceny wyników próby mechanicznej była ocena alternatywna oparta na dwustopniowym planie badania. Procedura ta nie uwzględniała wartości liczbowych poszczególnych wyników próby, lecz stwierdzała jedynie, czy badany izolator osiągnął wytrzymałość znamionową (osiągnięte obciążenie niszczące było tylko informacją dla producenta). Rozrzut wyników i zapas wytrzymałości (w stosunku do znamionowej) nie miał tu znaczenia.

W latach siedemdziesiątych pojawiły się w publikacjach IEC, poparte obszernym uzasadnieniem, zdecydowane tendencje do zastąpienia alternatywnej oceny wyników próby mechanicznej izolatorów — procedurą według oceny liczbowej. W Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Ceramiki Elektrotechnicznej „CEREL” w Boguchwale (obecnie Oddział Ceramiki Instytutu Energetyki) przeprowadzono również szeroką analizę metod badań odbiorczych izolatorów — metod podanych w normach krajowych i IEC dotyczących izolatorów, a także w polskich normach z zakresu statystyki. Przede wszystkim sprawdzono, czy wartości liczbowe niszczących prób wytrzymałości mechanicznej izolatorów stanowią populację o rozkładzie normalnym — wynik testu Kołmogorowa nie dał podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu. Został tym samym spełniony warunek normy stosowania oceny liczbowej.

Możliwie dokładnie porównano alternatywną i liczbową metodę oceny wyników próby wytrzymałości mechanicznej, dokonując teoretycznego odbioru kilku hipotezycznych partii izolatorów przebadanych stuprocentowo. Rozpatrzono wiele wariantów wadliwości rzeczywistej, wadliwości dopuszczalnej i poziomów kontroli. Zastosowane procedury porównano pod względem liczności próbek, prawdopodobieństwa przyjęcia partii, skuteczności planów badania oraz ryzyka wytwórcy i odbiorcy.

Potwierdzono szereg zalet kontroli odbiorczej według oceny liczbowej w porównaniu z oceną alternatywną. Do zalet tych można zaliczyć:

- mniejszą liczbą próbek przy porównywalnym poziomie kontroli,
- większą skuteczność planów badania,
- możliwość pełniejszej oceny badanej partii (np. stopnia optymalizacji konstrukcji).

Uznano, że wprowadzenie oceny liczbowej jest nie tylko ekonomicznie uzasadnione, ale posłuży również podniesieniu jakości izolatorów. Przyjęta procedura według oceny liczbowej zakłada wadliwość dopuszczalną na poziomie nie przekraczającym 1,5% (w starych normach, przy ocenie alternatywnej, ok. 2,5%). Na wynik próby ma wpływ rozrzut wyników, który decyduje o wartości odchylenia standardowego. Nawet przy uzyskaniu wytrzymałości mechanicznej wyższej od znamionowej, otrzymane wyniki nie mogą zbyt różnić się od siebie (co przy ocenie alternatywnej nie miało znaczenia). Procedura ta wymaga więc stabilności procesu technologicznego.

Ocenę liczbową przy próbach mechanicznych izolatorów liniowych wprowadzono do PN-E-06308:1990 (od 1 stycznia 1991 r.), a także do, zastępującej ją, ustanowionej niedawno normy PN-IEC 383-1:1997. Procedurę tę zalecono także w normie PN-E-91030-1:1996 do oceny wyników próby mechanicznej niektórych typów izolatorów niskonapięciowych.

## Literatura

- [1] Chorafas D. N.: *Procesy statystyczne i niezawodność urządzeń*, WNT Warszawa 1963.
- [2] Bielecki J.: *Porównanie i ocena procedur badań kontrolno-odbiorczych izolatorów wysokonapięciowych — Wytyczne doboru metody optymalnej*. Opracowanie nr 592/TK/88, zbiory specjalne Inst. Energetyki Oddział Ceramiki CEREL, Boguchwała 1988
- [3] Gajewski J., Majewski A.: *Wytrzymałość mechaniczna nowych typów wysokonapięciowych izolatorów ceramicznych produkcji ZPE ZAPEL SA*. V Ogólnopolska konferencja naukowo-techniczna NIWE'97 — Bielsko-Biała, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Seria: Konferencje — Zeszyt nr 9, 1997
- [4] PN-E-06308:1990. *Elektroenergetyczne izolatory wysokonapięciowe — Izolatory liniowe — Ogólne wymagania i badania*
- [5] PN-E-91030:1996. *Elektroenergetyczne izolatory niskonapięciowe — Izolatory ceramiczne — Wymagania i badania*
- [6] PN-N-03031:1977 (PN-77/N-03031). *Kontrola odbiorcza według oceny liczbowej właściwości o rozkładzie normalnym*
- [7] PN-ISO 2859-1+AC1:1996. *Procedury kontroli wrywkowej metodą alternatywną — Plany badania na podstawie akceptowanego poziomu jakości (AQL) stosowane podczas kontroli partia za partią*
- [8] PN-ISO 8402:1986. *Jakość — Terminologia*
- [9] PN-ISO 9002:1996. *Systemy jakości — Model zapewnienia jakości w produkcji, instalowaniu i serwisie*
- [10] IEC 383-1:1993. *Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V — Part 1: Ceramic or glass insulator units for a.c. systems — Definitions, test methods and acceptance criteria*
- [11] IEC 591:1978. *Sampling rules and acceptance criteria when applying statistical control methods for mechanical and electromechanical tests on insulators of ceramic material or glass for overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V*

PORCELAIN INSULATORS — STANDARDS' REQUIREMENTS  
AS THE BASE FOR QUALITY ASSURANCE

Quality and dependability of porcelain insulators depend on the requirements given both in Polish Standards (PN) and in International Standards (IEC). These standards contain requirements concerning parameters and their values of insulators, designs and insulating materials, classification of the tests, test methods and procedures, acceptance criteria. Apart from that, it is necessary to use a quality assurance system to verify the quality of the insulators during the manufacturing process. Models for quality assurance are contained in International Standards series ISO 9000. In the case of porcelain insulators, it is recommended model according to ISO 9002. Insulators manufactured by ZPE ZAPEL comply with the above requirements in all aspects.