

ANIRZEJ MARCYNIUK
Katedra Miernictwa Elektrycznego

POMIAR WYTRZYMAŁOŚCI DIELEKTRYCZNEJ I LICZBY CZĄSTEK
PRZEWODZĄCYCH BIBUŁKI KONDENSATOROWEJ

Streszczenie. W artykule zwraca się uwagę na niektóre czynniki zniekształcające wyniki pomiarów wytrzymałości dielektrycznej i liczby cząstek przewodzących, a spowodowane niedoskonałością przyrządów pomiarowych.

Omówiono również opracowane oszkowicie elektro-
niczne przyrządy do pomiaru wymienionych parametrów
bibułki.

1. Zagadnienia ogólne

Liczby uzyskiwane jako rezultat pomiaru wytrzymałości dielektrycznej bibułki kondensatorowej - jak wiadomo - zależą zarówno od jakości bibułki, jak również od stanu fizycznego próbki oraz czynników fizycznych charakteryzujących technikę pomiaru. Również liczba zarejestrowanych dla danej próbki cząstek przewodzących zależy od techniki pomiaru. Wytrzymałość dielektryczna i liczba cząstek mogą więc rzetelnie informować o jakości bibułki tylko wówczas, gdy warunki fizyczne, mające wpływ na wynik pomiaru, są określone dostatecznie dokładnie i przestrzegane w toku mierzenia.

Ani zalecenia obowiązujących dotychczas norm (PN-63/E-04404 i PN-61/P-97201), ani na ogół stosowana w oparciu o te normy technika mierzenia nie gwarantują takiego stopnia dokładności informacji, jaki zwykle się przypisywać uzyskanym wynikom pomiarowym przy porównywaniu w oparciu o nie jakości różnych bibułek.

Stan fizyczny próbki bibułki przy pomiarze wytrzymałości dielektrycznej wyznaczają: wilgotność i temperatura. Prostotę pomiaru osiąga się przeprowadzając go w warunkach normalnych. Okazuje się nadto, że zmiana wilgotności w otoczeniu wartości

normalnej [(40 do 65% wilgotności względnej)] nie wpływa istotnie na wyniki pomiarów: w tym przedziale zależność wytrzymałości od wilgotności jest dość płaska. Można więc zapewnić dużą porównywalność wyników i łatwość mierzenia przyjmując warunki normalne jako warunki odniesienia pomiaru.

Próbkę bada się między elektrodami płaskimi, rzadziej w układzie elektroda płaska i kulowa (w tym ostatnim przypadku wyniki pomiaru są wyższe o około 50%). Wymiar elektrod płaskich i docisk jednostkowy nie są krytyczne, gdy powierzchnie elektrod są starannie oszlifowane; zmiana nacisku od 0,2 do 1 kg/cm^2 nie wywołuje istotnej zmiany wyników pomiaru.

Utrzymanie najwyższej gładkości powierzchni pomiarowej elektrod nie jest możliwe, gdy po przebicciu płynie duży prąd między elektrodami i gdy trwa on długo (np. 1 lub 2 okresy przy 50 Hz)

Prąd jonizacji występujący tuż przed przebicciem próbki nie przekracza nigdy wartości skutecznej 2 mA przy powierzchni użytecznej elektrod około 5 cm^2 . Jeżeli prąd po przebicciu nie przekroczy wartości ok. 6 do 10 mA i wyłączenie nastąpi natychmiast, to okaleczenie elektrod wywołane iskrą praktycznie nie występuje. Nie jest więc ani metrologicznie uzasadnione, ani nie jest jednoznaczne wymaganie normy, aby moc urządzenia probierczego wynosiła 1 kVA. Racjonalne jest wymaganie, aby obwód probierczy miał małą i określoną oporność np. 1 Ω na 1 V napięcia znamionowego przy natężeniu prądu do około np. 3 mA i aby chwilowa wartość prądu nie mogła przekroczyć np. 8 lub 10 mA, a czas odłączenia prądu był mały. Takie wymagania nie zmieniają istotnych warunków fizycznych pomiaru i zapewnią wyniki porównywalne z uzyskiwanymi przy dużej mocy obwodu probierczego; natomiast realne będzie utrzymanie gładkości powierzchni elektrod po wielu próbach, co ma istotne znaczenie.

Szybkość podnoszenia napięcia probierczego (stromość narastania) wpływa wyraźnie na wynik pomiaru. Wyniki są wyższe o ok. 1% na każde 10% wzrostu stromości (wpływ ten jest większy przy układzie elektrod kula - płaszczyzna). Kontrolą tego czynnika nie można pozostawić subiektywnej ocenie operatora. Stromość powinna być świadomie wybrana i utrzymana w toku mierze-

nia, aby uzyskane liczby mogły służyć do porównywalnej oceny jakości bibulek.

Przy dużej stromości narastania napięcia probierczego nie można pominąć dynamicznych właściwości używanego tu tradycyjnie zwykłego miernika wskazówkowego oraz bezwładności percepcji obserwatora. Przy technicznej realizacji pomiaru wytrzymałości powinno się uwzględnić te dwa źródła potencjalnych błędów.

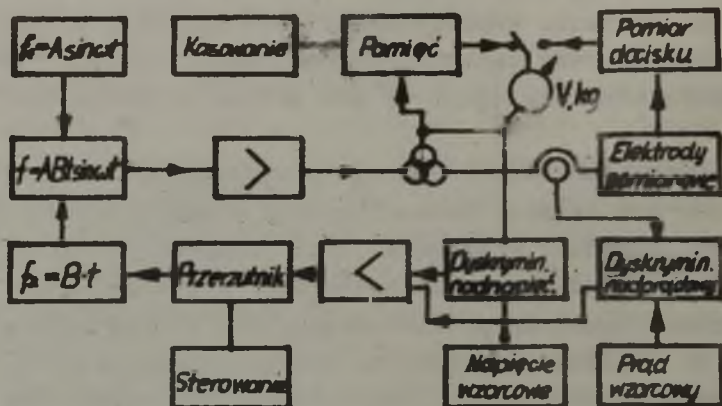
Liczba zarejestrowanych cząstek przewodzących przypadająca na jednostkę powierzchni badanej próbki bibułki zależy przede wszystkim od techniki mierzenia. Przy poprawnej technice pomiaru decydują tu dwa czynniki: oporność rejestrowanych cząstek i wartość napięcia probierczego, przy którym są one rejestrowane. Im większa oporność, na którą reaguje przyrząd i im większe napięcie probiercze, tym większa jest liczba zarejestrowanych cząstek. Z tego powodu powinno się świadomie wybrać klasę oporności rejestrowanych cząstek i wartość napięcia probierczego, jeżeli uzyskane liczby mają służyć do porównywania jakości różnych bibulek.

Dla danej partii bibulek uzyska się reprezentatywny wynik pomiaru, gdy właściwie pobierze się próbki, wykona odpowiednią liczbę prób i matematycznie opracuje liczby otrzymane z pomiaru. To ogólne zagadnienie nie jest specyficzne dla badania bibułki i dlatego te aspekty problemu nie będą omawiane.

2. Przyrząd do pomiaru wytrzymałości dielektrycznej

Prezentowany tu przyrząd do pomiaru wytrzymałości dielektrycznej bibułki jest konstrukcją całkowicie elektroniczną, dzięki czemu udało się z powodzeniem spełnić wszystkie omówione wyżej ogólne wymagania metrologiczne i uzyskać korzystne cechy funkcjonalne. Przede wszystkim opanowano zjawisko kaleczenia powierzchni elektrod przez iskrę powstającą przy przebiciu; zjawisko to przy użyciu elementów elektromechanicznych (autotransformator, przekaźniki itp.) nie da się opanować.

Schemat funkcjonalny układu elektrycznego (rys. 1) przedstawia zasadę działania, a ogólny widok przyrządu (rys. 2) informuje o konstrukcji mechanicznej.



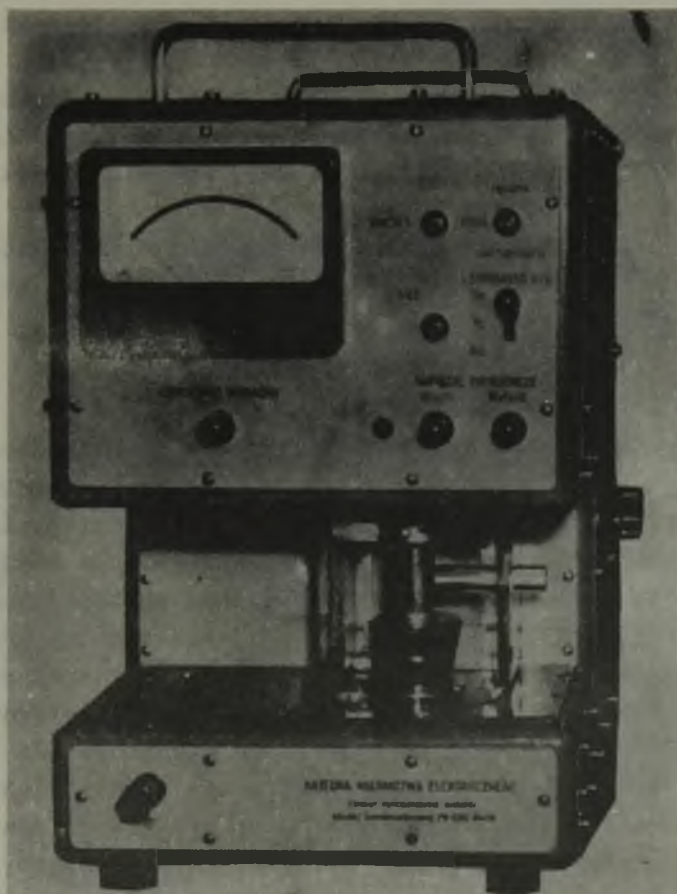
Rys. 1. Schemat funkcjonalny przyrządu do pomiaru wytrzymałości dielektrycznej

Napięcie sinusoidalne o wybranej stromości narastania użytkano przez analogowe mnożenie (w heptodzie) napięcia liniowo narastającego i napięcia sinusoidalnego o stałej wartości i częstotliwości 50 Hz. Uformowany w ten sposób sygnał wzmocony i transformowany jest doprowadzony do elektrod pomiarowych. Urzeczywistniono dwa zakresy pomiarowe 1500 i 3000 V przy trzech jednoznacznie nastawialnych wartościach stromości 50, 100 lub 150 V/s. Wybrane rozwiązanie konstrukcyjne układu umożliwia uzyskanie stromości o dowolnej wartości z bardzo dużego przedziału zmienności.

Pomiaru napięcia probierczego dokonuje się za pomocą osobnego uzwojenia pomiarowego w transformatorze probierczym. Przy uwzględnieniu małej oporności obwodu probierczego takie rozwiązanie zapewnia rzetelny pomiar napięcia występującego w danej chwili na elektrodach. Miernik wskazuje wartość skuteczną napięcia probierczego, mierząc wartość maksymalną zarejestrowaną w układzie pamięci.

Pamięć zrealizowane przy pomocy kondensatora i wzmacniacza dopasowującego o bardzo dużej oporności wejściowej oraz dużej stałości zera i wzmożenia. Napięcie przebicia przechowywane jest w układzie pamięci z niedokładnością około 0,1% na 10 s, co wystarcza na odczytanie wyniku pomiaru a następnie skasowanie. Zastosowanie pamięci eliminuje z pomiaru ewentualne błędy spowodowane dynamiczną niedoskonałością miernika i bezwładnością percepcji obserwatora.

Niedokładność pomiaru napięcia przebicia wynosi 2% wartości znamionowej danego zakresu.



Rys. 2. Widok ogólny przyrządu do pomiaru wytrzymałości dielektrycznej

Układ zawiera elektroniczne zabezpieczenia nadnapięciowe i nadprądowe działające praktycznie bezwzględnie. Napięcie probiercze jest wyłączane po przekroczeniu wartości znamionowej danego zakresu napięciowego albo po przekroczeniu w obwodzie probierczym zadanego natężenia prądu.

Konstrukcja mechaniczna zapewnia proste i bezpieczne przeprowadzenie próby.

Unosząc zespół górnej elektrody za pomocą izolacyjnej rączki można wsunąć próbkę między elektrody znajdujące się za przezroczystą osłoną. Normalny docisk elektrod $0,2 \text{ kg/cm}^2$ uzyskano za pomocą ciężarka, docisk większy do 6 kg/cm^2 uzyskuje się za pomocą mechanizmu sprężynowego, a siłę docisku można odczytać na skali miernika. Kontrolę stanu powierzchni elektrod wykonanych ze stali nierdzewnej i starannie oszlifowanych lub zamianę górnej elektrody na kulową można przeprowadzić po uniesieniu osłony w górne położenie. Przy uniesionej osłonie nie jest możliwe włączenie napięcia probierczego.

Użycie lamp elektronowych o zwiększonej niezawodności i staranny dobór elementów dały konstrukcję niezawodną, co potwierdziły rezultaty dotychczasowej eksploatacji.

3. Licznik cząstek przewodzących

Licznik cząstek przewodzących elektryczność zbudowano na zasadzie bieżącej kontroli oporności elementarnego wycinka próbki bibułki przewijanej między walcowymi elektrodami pomiarowymi. Zmniejszenie się oporności elementarnego wycinka znajdującego się w danej chwili między elektrodami do wartości nastawionej lub mniejszej jest rejestrowane jako jedna cząstka przewodząca. W przedstawionej konstrukcji oporność tę mierzy się w układzie niezrównoważonego mostka Wheatstone'a przy wybranym stałym napięciu pomiarowym przyłożonym do elektrod. Dla każdego przypadku kiedy oporność znajdującego się między elektrodami wycinka będzie nie większa od wartości granicznej dla danej wybranej klasy oporności cząstek, układ elektroniczny sterowany napięciem z przekątnej pomiarowej mostka wytwarza jeden impuls, który jest rejestrowany na mechanicznym liczydłe.

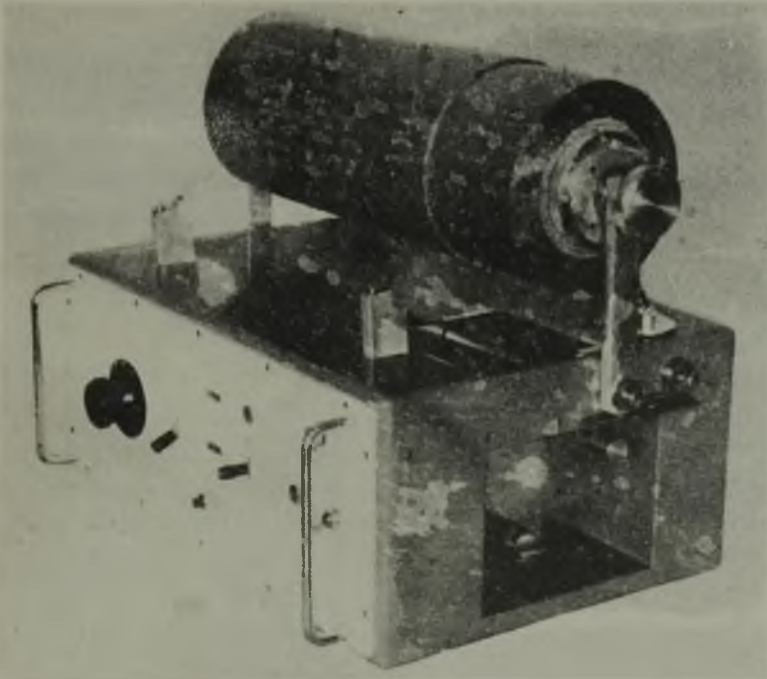
W omawianym liczniku uwzględniono możliwość rejestracji cząstek w trzech klasach oporności: $R < 0,02 \text{ M}\Omega$; $R < 0,2 \text{ M}\Omega$; $R < 2 \text{ M}\Omega$. Cząstki w każdej klasie mogą być rejestrowane przy napięciu nastawialnym dyskretnie od 5 do 200 V.

Zdolność rozdzielcza przyrządu wynosi 1 cząstka na każdy 1 mm bieżący długości próbki.

Oprócz głównego pomiaru - liczby cząstek - w liczniku dokonuje się pomiaru powierzchni przebadanej bibułki jako wskazanie w m^2 liczydła powierzchni, zliczającego impulsy wytwarzane w przeliczniku powierzchni.

Rozwiązanie konstrukcji mechanicznej, a w szczególności precyzja wykonania zespołu elektrod pomiarowych decyduje o użyteczności przyrządu.

W wykonanym przyrządzie (rys. 3) próbka o szerokości 90 mm jest samoczynnie przycinana nożem z bobiny o dowolnej długości



Rys. 3. Widok ogólny licznika cząstek przewodzących

oi w zakresie od 90 do 450 mm. Taśma próbki odpowiednio prowadzona z prędkością 3 cm/s między elektrodami pomiarowymi przewija się na pomocniczą rolkę przebadanej bibułki, z której może być bardzo łatwo zdjęta.

Elektrody pomiarowe, precyzyjnie oszlifowane walce ze stali nierdzewnej (niełiniowość tworzącej walca nie większa niż $\pm 2 \mu\text{m}$), mogą być doiskane wzajemnie siłą ok. 1 kg na cm długości elektrody i siłę tę można nastawiać.

Zwarta konstrukcja całości, mały ciężar, estetyczny wygląd są dodatkowymi walorami rozwiązania.

Rękopis złożono w redakcji w marcu 1968 r.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ И КОЛИЧЕСТВА
ТОКОПРОВОДЯЩИХ ВКЛЮЧЕНИЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ БУМАГИ

Р е з ю м е

В статье обращается внимание на некоторые искажения результатов измерений электрической прочности и количества токопроводящих включений вызванных недостатками измерительной аппаратуры.

Представляются разработанные электронные аппараты для измерения указанных параметров конденсаторной бумаги.

DIELECTRIC STRENGTH AND CONDUCTIVE PARTICLES NUMBER
METERING FOR CAPACITOR PAPER

S u m m a r y

The presenting issue calls attention to some instrument imperfections factors which deform the meterings results of dielectric strength and conductive particles number.

It is also described total electronic meters construction for papers quality metering above mentioned.