

Ewelina LITWINOWICZ

ZMIANY WSPÓŁCZYNNIKA STRATNOŚCI W FUNKCJI CZASU PRASOWANIA PŁYT WARSTWOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono wyniki pomiarów, zmian współczynnika stratności dielektrycznej płyt papierowo-fenolowych w trakcie prasowania, wykonanych prototypowym miernikiem współczynnika stratności i pojemności. Podano opis przeprowadzonych eksperymentów i zastosowanej aparatury pomiarowej.

1. Wstęp

W praktyce wytwarzania materiałów elektroizolacyjnych z tworzyw sztucznych znaczenie zasadnicze ma ustalenie takich optymalnych parametrów technologicznych, które mogą zagwarantować pożądane własności strukturalne, chemiczne, dielektryczne oraz inne. Modyfikacje, zmiany jakościowe surowców wyjściowych lub inne specjalne wymagania związane z własnościami układów izolacyjnych z tych materiałów stwarzają ciągłą potrzebę określenia przydatności nowo otrzymanych wyrobów.

Proces produkcji papierowych płyt warstwowych polega na sprasowaniu w prasach i trwałym sklejeniu kilkunastu warstw papieru nasyczonego w cyklu powlekania odpowiednią żywicą syntetyczną. Z teoretycznego jak i praktycznego punktu widzenia ważne jest prześledzenie zmian własności dielektrycznych powstającego materiału elektroizolacyjnego.

W cyklu prasowania można wyróżnić następujące etapy:

- zamknięcie prasy, wstępne podniesienie ciśnienia np. do 0,5 ciśnienia całkowitego p_p oraz podgrzewanie materiału do żądanej temperatury prasowania ϑ_p ,
- w momencie uzyskania temperatury ϑ_p utrzymywanie jej przez określony czas t_p z równoczesnym podniesieniem ciśnienia do $p = p_p$,
- wyłączenie grzania i chłodzenia materiału pod pełnym ciśnieniem do temperatury $\vartheta \leq 40^\circ\text{C}$,
- otwarcie prasy.

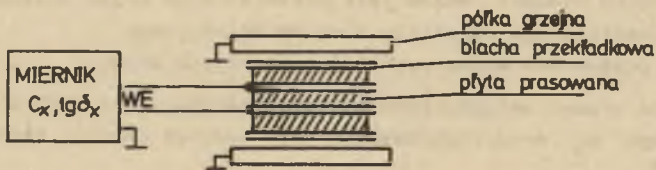
W procesie wytwarzania materiałów w zależności od przyjętych czasów, ciśnienia, temperatury prasowania, rodzaju użytych surowców lub innych czynników przebiegi zmian współczynnika stratności dielektrycznej oraz pojemności płyt w funkcji czasu prasowania są różne.

Podobnie różne są wartości $tg\delta$, C oraz inne parametry charakteryzujące wyrób gotowy.

W literaturze brakuje opisów badań przebiegów zmian $tg\delta$ oraz C dla poszczególnych etapów wyżej wymienionego procesu prasowania. Badania końcowych - ustalonych wartości $tg\delta$, C , ϵ' i innych dla różnych czasów prasowania podane są między innymi w pracach [1, 2], przy czym z reguły badania te wykonano na próbkach uzyskanych w skali laboratoryjnej. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie przeprowadzanych pomiarów zmian współczynnika stratności dielektrycznej płyt $tg\delta_x$ w trakcie procesu prasowania. Pomiary wykonano w skali półtechnicznej na 250-tonowej prasie hydraulicznej w Zakładzie Doświadczalnym ZTS "Erg" w Gliwicach prototypowym miernikiem współczynnika stratności i pojemności, skonstruowanym w Instytucie Metrologii Elektrycznej i Elektronicznej Politechniki Śląskiej.

2. Opis przeprowadzonych badań

Zastosowany do pomiarów prototypowy miernik podłączono do blach przekładkowych spełniających rolę elektrod pomiarowych - rys. 1. Prasowano płyty papierowo-fenolowe o wymiarach 400x500 mm przy ciśnieniu jednostkowym $p_p = 7,85$ MPa. Ostateczna grubość płyty wynosiła 3 mm. Półki prasy o wymiarach 700x800x65 mm grzano elektrycznie. Osiągalna maksymalnie temperatura zastosowanych półek wynosiła 250°C. Regulację temperatury przeprowadzono w systemie trójstopniowym: grzanie I - grzanie II - stygnięcie, stosując elektroniczne trójstawne regulatory RE.



Rys. 1. Schemat połączenia przyrząd-prasa

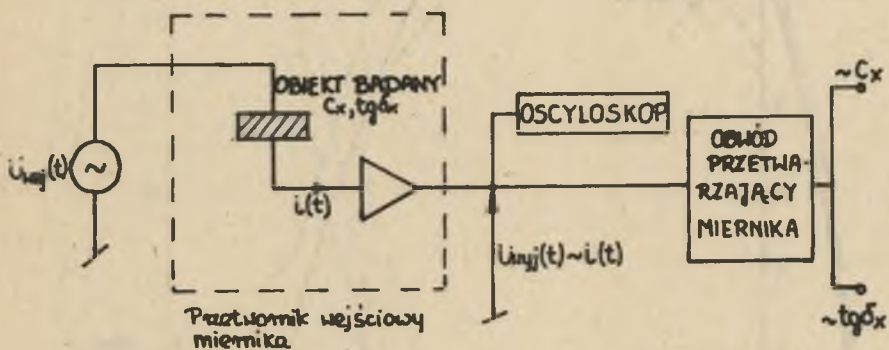
Pomiar temperatury prasowanych płyt, w szczególności w cyklu podgrzewania i chłodzenia, gdy temperatura wsadu zmienia się bardzo szybko, wymaga zastosowania czujników o możliwie najmniejszej bezwładności cieplnej. Konieczność bezpośredniego kontaktu czujników z płytą prasowaną pod ciśnieniem wymaga dużej ich wytrzymałości mechanicznej. Uwzględniając powyższe do pomiarów wybrano czujniki termoelektryczne. Zastosowano termoelementy Fe-konst. o $\delta = 0,5$ mm, izolowane włóknem szklanym. Wolne końce

termoelementów połączono z mostkiem korekcyjnym kompensatora temperatury otoczenia KTOF - M/20°C i podłączono do rejestratora temperatury o zakresie 0 - 250°C.

Zaplanowane badania wykonano dla trzech następujących czynników zmiennych: czasu prasowania, temperatury prasowania oraz procentowej zawartości żywicy w nośniku dla czterech różnych wartości każdego z wymienionych czynników. Powtórzenie zrealizowano prasując w jednym cyklu równocześnie 3 płyty.

Zapewniło to wymaganą konieczność utrzymania jednakowych warunków prób przy replikacjach.

W związku z faktem, że prasowane płyty papierowo-fenolowe w miarę wzrostu temperatury stanowiły jako dielektryk - element o niekiedy bardzo dużej nieliniowości, wprowadzono dodatkowo oscyloskop rejestrujący odpowiedź prądową obiektu badanego na wymuszenie sinusoidalne $u_{wej}(t)$ (rys.2).



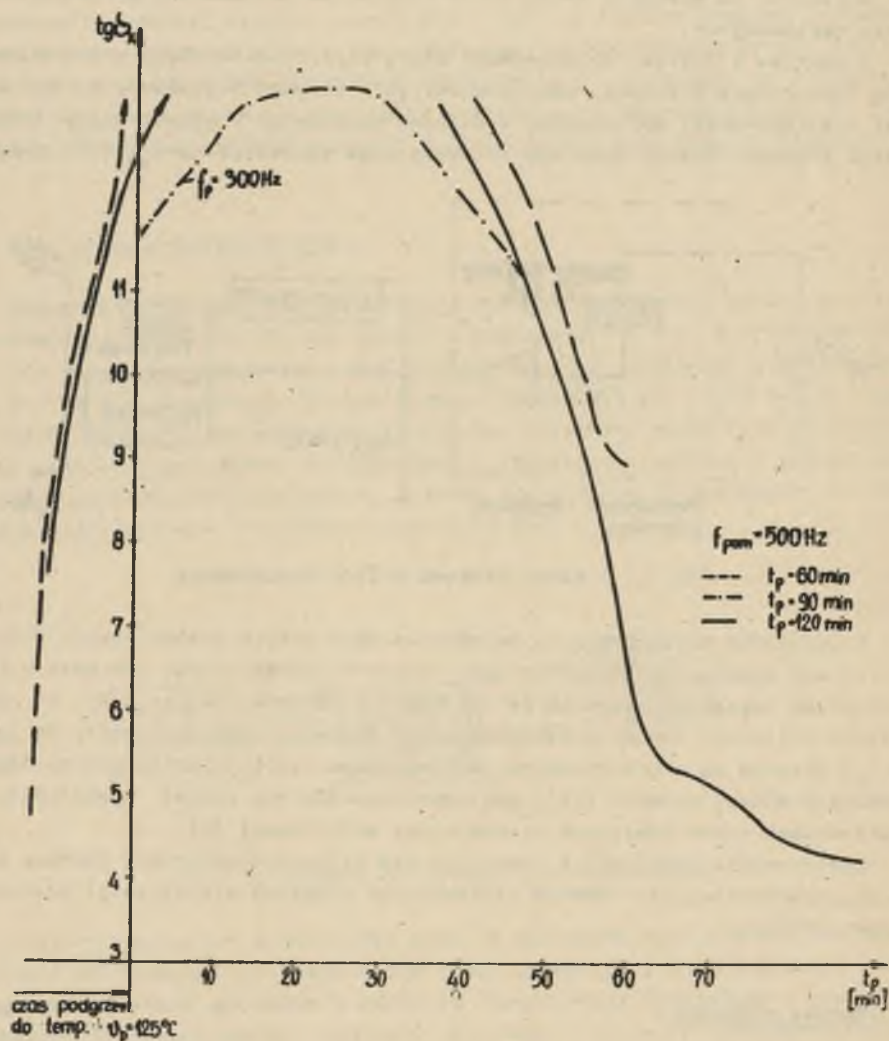
Rys. 2. Schemat blokowy układu pomiarowego

W przypadku zaobserwowania na oscyloskopie dużych nieliniowości dielektryka nie wykonywano odczytów $tg\delta_x$ oraz C_x na mierniku, ponieważ w tym przypadku wskazania miernika są błędne. Spowodowane jest to tym, że napięcia wyjściowe obwodu przetwarzającego miernika (proporcjonalne do $tg\delta_x$ i C_x) obiektu są proporcjonalne do sumy nieparzystych harmonicznych odpowiedzi prądowej obiektu $i(t)$, gdy tymczasem miernik został wyskalowany w wartościach odpowiadających harmonicznej podstawowej [3].

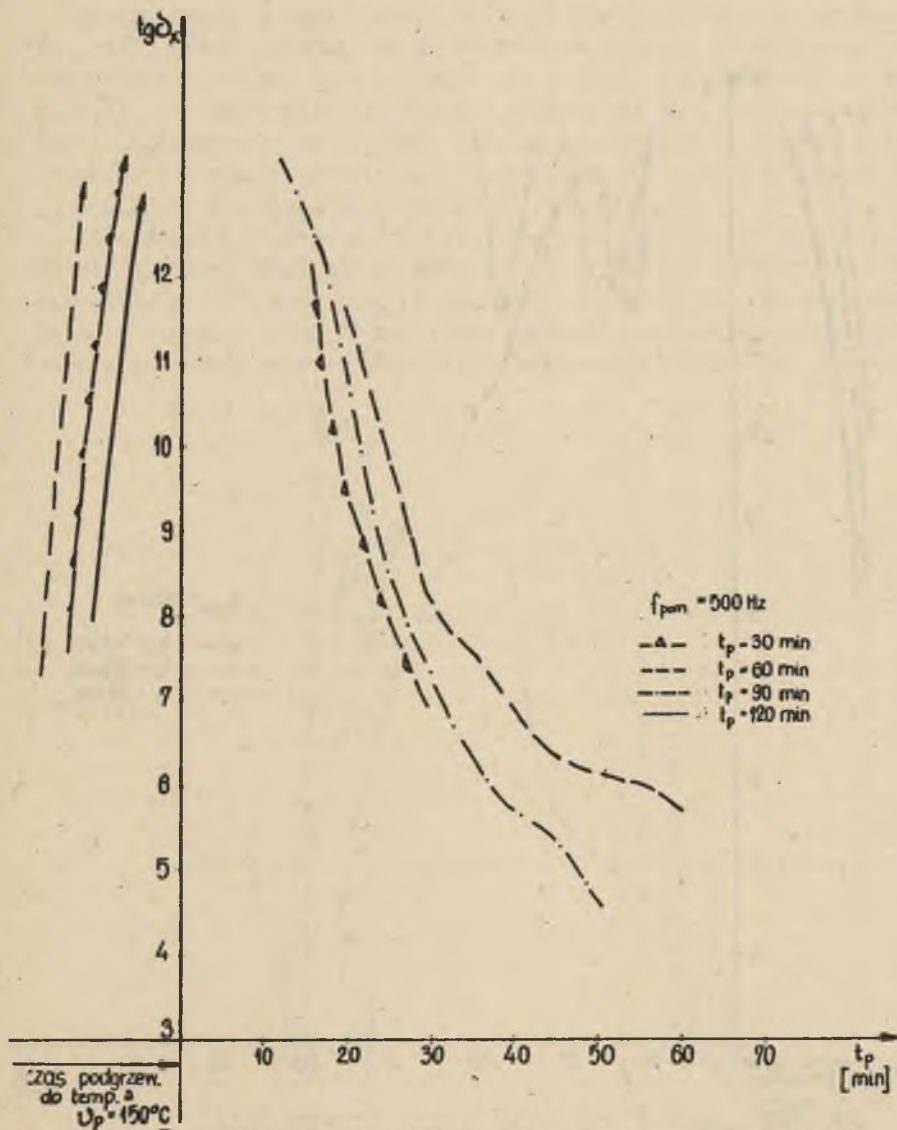
Zastosowanie oscyloskopu pozwoliło nie tylko wyeliminować błędne pomiary miernikiem, ale również zaobserwować początek stabilizacji prasowanego laminatu.

3. Wyniki pomiarów

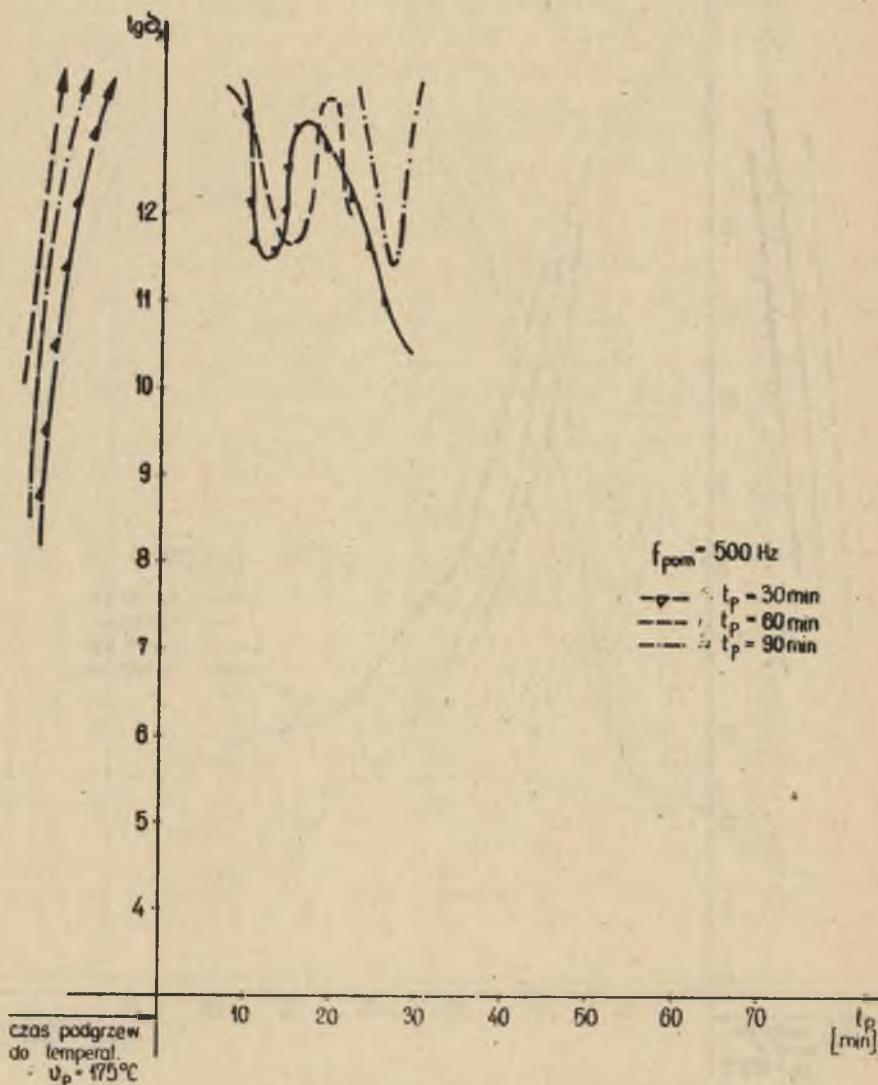
Ze względu na charakterystyczny przebieg stratności prasowanych płyt papierowo-fenolowych przedstawiono na rysunkach 3, 4, 5 niektóre wykresy uzyskane z pomiarów miernikiem współczynnika stratności i pojemności.



Rys. 3. Współczynnik stratności dielektrycznej płyt papierowo-fenolowych w zależności od czasu utwardzenia t_p przy 50,25% zawartości żywicy



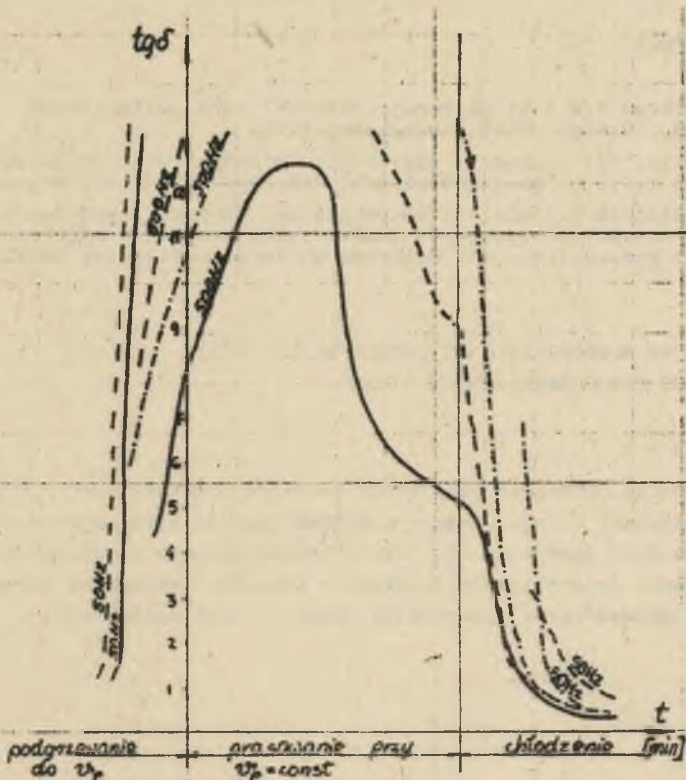
Rys. 4. Współczynnik stratności dielektrycznej płyt papierowo-fenolowych w zależności od czasu utwardzania t_p przy 50,25% zawartości żywicy



Rys. 5. Współczynnik stratności dielektrycznej płyt papierowo-fenolowych w zależności od czasu utwardzania t_p przy 50,25% zawartości żywicy

Krzywe z rysunku 3 odnoszą się do trzech prób wykonanych przy stałej temperaturze prasowania utwardzania $\nu_p^* = 125^\circ\text{C}$ przy różnych czasach utwardzania - $t_p = 60 \text{ min}$; 90 min ; 120 min . Liczenie czasu t_p rozpoczyna się w momencie uzyskania przez wsad temperatury ν_p^* . Wykresy na rysunkach 4 i 5 odnoszą się odpowiednio do temperatur $\nu_p^* = 150^\circ\text{C}$ oraz $\nu_p^* = 175^\circ\text{C}$. Zakres pomiarowy miernika nie pozwolił uchwycić charakterystycznego punktu maksymalnego, a więc i czasu, przy którym rozpoczął się spadek wartości $\text{tg}\delta$. Ponadto dielektryk po przekroczeniu przy podgrzewaniu temperatury 100°C wykazywał wzrastającą nieliniowość. Nieliniowość ta była tym większa, im wyższa była temperatura prasowanego materiału. Spadkowi wartości współczynnika stratności (rys. 3, 4) towarzyszył wzrost liniowości obiektu. W przypadku temperatury utwardzania $\nu_p^* = 175^\circ\text{C}$ przebiegi $\text{tg}\delta$ mają charakter nieregularnych oscylacji (rys. 5).

Nieliniowość obiektu przez cały czas prasowania w tej temperaturze była bardzo duża. Praktycznie, wartości odczytywane i uzyskane wykresy dla temperatury 175°C mają jedynie charakter informacyjny. Na podstawie uzyskanych krzywych można jednak łatwo zauważyć, że maksimum stratności przesunęło się w miarę wzrostu temperatury prasowania w kierunku czasów krót-



Rys. 6. Przebiegi zmian $\text{tg}\delta$ w cyklu prasowania

szych (dla $\nu_p = 175^\circ\text{C}$ pierwszy spadek wartości $\text{tg}\delta$ wystąpił blisko po osiągnięciu tej temperatury przez materiał). Po utwardzeniu materiału w czasie założonym w danym eksperymencie, chłodzono go pod pełnym ciśnieniem do temperatury $\nu \approx 30\text{--}40^\circ\text{C}$. Zauważono, że przebiegi zmian współczynnika stratności podczas podgrzewania i przy chłodzeniu są liniowe, a bliskość ich wzajemnego położenia może świadczyć o tym, że czas podgrzewania lub chłodzenia nie wpływa w sposób istotny na wartości końcowe współczynnika stratności jak i na charakter jego zmian w czasie prasowania. Przykładowe charakterystyki obejmujące pełny cykl prasowania przedstawia rysunek 6.

Aby móc wnioskować o właściwościach dielektrycznych na podstawie przebiegu charakterystyki $\text{tg}\delta = \varphi(t)$ w czasie prasowania, należy znaleźć współzależność wartości końcowych po ochłodzeniu próbki w prasie z wartościami uzyskanymi na tych samych próbkach po badaniach wykonanych zgodnie z wymaganiami Polskich Norm, co jest między innymi celem dalszej pracy autora.

Przedstawione próby wykonano w lipcu 1977 roku.

LITERATURA

- [1] Kolesow S.N.: Strukturnaja elektrofizika polimernih dielektrikow. Izd. "Uzbekistan", Taszkient, 1975.
- [2] Sulima T.: Własności dielektryczne jako kryterium stopnia usieciowania żywic termoutwardzalnych. Rozprawa doktorska. Wrocław, 1962.
- [3] Zieleźnik L.: Analiza metod pomiaru dyspersyjnych zmian współczynnika stratności i pojemności dielektryków stałych w zakresie częstotliwości podakustycznych. Rozprawa doktorska. Gliwice, 1977.

ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОТЕРИ ВО ВРЕМЯ ПРЕССОВАНИЯ СЛОЙНЫХ ПЛИТ

Р е з ю м е

В статье приведены результаты исследований изменения коэффициента диэлектрической потери бумажно-фенольных плит во время прессования. Эти исследования были проведены при помощи первообразного измерительного аппарата коэффициента диэлектрических потерь и ёмкости. Приводится описание проведённых экспериментов и применяемой измерительной аппаратуры.

THE CHANGES OF THE LOSS - COEFFICIENT AS THE FOUNDATION
OF TIME OF PRESSING LAMINAR PLATES

S u m m a r y

The results of measurement of dielectric loss coefficient of paper-phenol laminar plates with the use of prototypical meter of the loss coefficient and capacity were presented. Experiments and apparatus were described.

Przyjęto do druku w czerwcu 1978 r.