

Bogusław KASPERCZYK

Instytut Metrologii i Automatyki Elektrotechnicznej
Politechniki Śląskiej

BADANIE WPŁYWU WYBRANYCH PARAMETRÓW PROCESU IMPREGNACJI ZWIJKI KONDENSATOROWEJ NA POWTARZALNOŚĆ PRODUKCJI

Streszczenie. Przebieg procesu technologicznego impregnacji zwiłek kondensatorowych, z dielektrykiem w postaci bibułki kondensatorowej, ma znaczny wpływ na powtarzalność produkcji elementów przeciwzaskłóceniovych, w których stosowane są zwiłki. W artykule wytypowano parametry procesu impregnacji - temperatura i czas suszenia pod normalnym ciśnieniem; temperatura, podciśnienie i czas suszenia próżniowym; temperatura i czas nasycenia - których wartości nominalne muszą być utrzymane, aby osiągnąć pożądany przyrost pojemności kondensatora w zwiłce i rozrzut przyrostu. Opieano badania, które pozwoliły określić czas nagrzewania wewnętrzną zwiłki oraz rozkład temperatur wewnątrz warstwy nagrzewanych zwiłek. Wyniki badań wykorzystano do zmiany sposobu suszenia zwiłek pod normalnym ciśnieniem. Przedstawiono badania losowo wybranych próbek zwiłek niezaimpregnowanych, poddanych procesem impregnacji o różnych wartościach parametrów. Ustalono układ parametrów procesu impregnacji, który sprawdzono w produkcji, uzyskując dwukrotne obniżenie poziomu braków półfabrykatu.

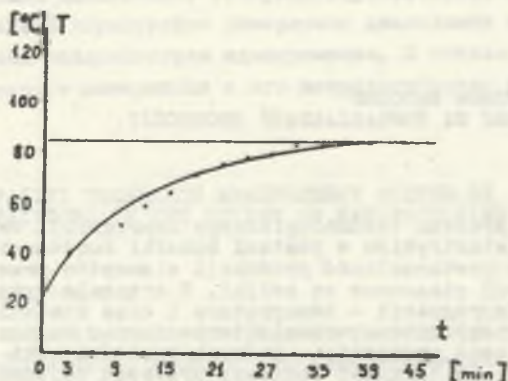
1. Wprowadzenie

Zwiłki kondensatorów przeciwzaskłóceniovych typu KPz wykonuje się między innymi z folii aluminiowej, stanowiącej okładzinę i kilku warstw bibuły kondensatorowej będącej dielektrykiem. Zwiłki kondensatorowe nawija się w sposób umożliwiający utworzenie kondensatora prostego lub złożonego. Kondensator złożony zawiera kondensator klasy X oraz połączone z nim dwa kondensatory klasy Y o zwiększonej wytrzymałości elektrycznej [1].

Zwiłki kondensatorowe po nawinięciu na automatycznych lub półautomatycznych nawijarkach poddawane są procesowi impregnacji. W omawianym przypadku proces ten obejmuje kolejno: suszenie w podwyższonej temperaturze pod normalnym ciśnieniem, suszenie próżniowe oraz nasycanie próżniowe płynną wazeliną elektrotechniczną. Syciwo kondensatorowe (wazelina) wprowadzone do włókien bibuły powoduje zwiększenie przenikalności elektrycznej bibuły. W wyniku impregnacji wzrasta więc pojemność kondensatora w zwiłce. Osiągnięcie pożądanego wzrostu pojemności uzyskuje się przez właściwy dobór parametrów procesu impregnacji, z których najważniejsze to:

- wilgotność bibuły kondensatorowej w zwiłce,
- temperatura i czas suszenia pod normalnym ciśnieniem
- temperatura, podciśnienie i czas w suszeniu próżniowym,

- temperatura i czas nasycania próżniowego,
- jakość syciwa.



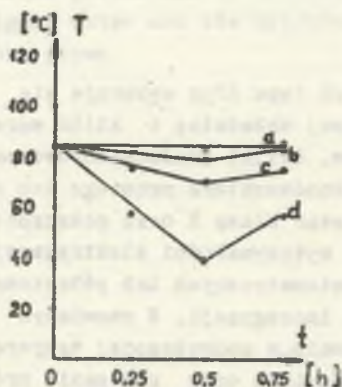
Rys.1 Charakterystyka nagrzewania środkowej warstwy zwijki

Fig.1 Heating characteristic of a middle layer in the wrapper

Każdemu z parametrów przyporządkowany jest w instrukcji technologicznej sposób jego pomiaru oraz wartość nominalna i tolerancja mierzonej wielkości.

W dalszym ciągu przedstawiono wyniki badań procesu impregnacji, które autor przeprowadził w zakładzie produkcyjnym. Celem badań było ustalenie takich zmian wartości i tolerancji parametrów procesu impregnacji, które pozwoliłyby uzyskać poprawę w powtarzalności przebiegu tego procesu.

Za miarę powtarzalności przyjęto średni przyrost pojemności kondensatora po impregnacji oraz jego rozrzut.



Rys.2 Rozkład temperatur wewnątrz warstwy zwijek

Fig.2 Temperature distribution inside the layer of wrappers

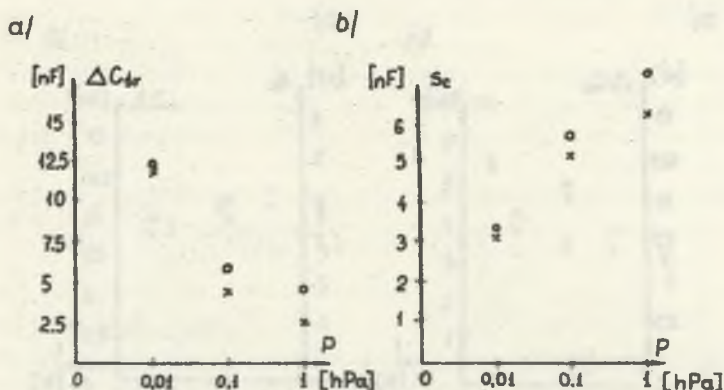
2. Program badań

Korzystając z wieloletnich doświadczeń technologów wytypowano te parametry procesu impregnacji, których wpływ na powtarzalność produkcji jest najbardziej istotny, a mianowicie:

- temperatura i czas suszenia pod normalnym ciśnieniem,
- temperatura, podciśnienie i czas w suszeniu próżniowym,
- temperatura i czas nasycania próżniowego.

Przyjęto, że proces impregnacji powinien zapewniać eliminację wpływu

wilgotności bibuły w zwijce na powtarzalność produkcji, jeżeli nawijanie i przechowywanie zwijek przebiega w warunkach zgodnych z określonymi w instrukcjach technologicznych.



Rys.3 Zależność - a. średniego przyrostu C_{dr} , b. odchylenia średniego kwadratowego poszczególnych przyrostów S_c od podciśnienia w suszeniu próżniowym x - dla zwijek nawijanych przy 45 % wilg., o - dla zwijek nawijanych przy 80 % wilg.

Fig.3 a. The mean increment C_{dr} , b. The mean square deviation S_c for individual increment as a function of negative pressure in vacuum drying x - for wrappers coiled at 45 % humidity, o - for wrappers coiled at 80 % humidity

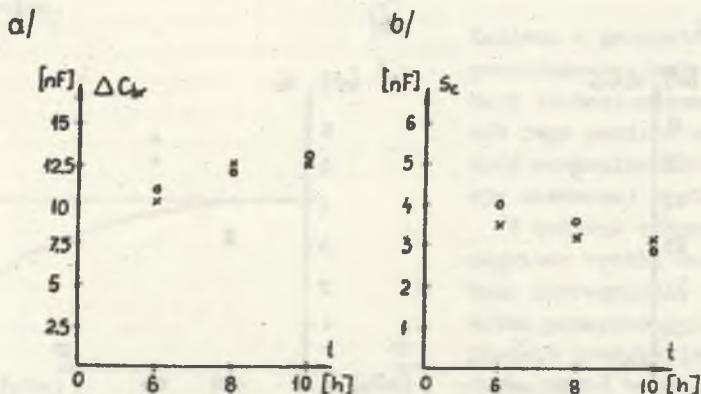
Badania prowadzono wykorzystując funkcjonujące urządzenie technologiczne, uwzględniając realne możliwości ich regulacji oraz konieczność niezakłócenia przebiegu całego procesu produkcji.

Przed badaniami sprawdzono właściwości surowców wyjściowych, tj. bibuły kondensatorowej oraz wazeliny elektrotechnicznej (jako syciwa) stwierdzając, że odpowiadają one dopuszczalnym wartościom określonym przez normy [2,3].

Program przeprowadzonych badań był następujący:

1. Określenie czasu nagrzewania wnętrza zwijki
2. Określenie rozkładu temperatury wewnątrz pojemnika z suszonymi zwijkami.
3. Ustalenie wpływu podciśnienia w zbiorniku ze zwijkami podczas suszenia próżniowego, na średni przyrost pojemności kondensatora po impregnacji.
4. Ustalenie wpływu czasu suszenia próżniowego na średni przyrost pojemności kondensatora po impregnacji.
5. Ustalenie wpływu czasu nasycania próżniowego na przyrost pojemności kondensatora po impregnacji.

W badaniach nie przekraczano temperatur, które powodowałyby trwałe pogorszenie właściwości bibuły i wazeliny (95°C) [4,5].



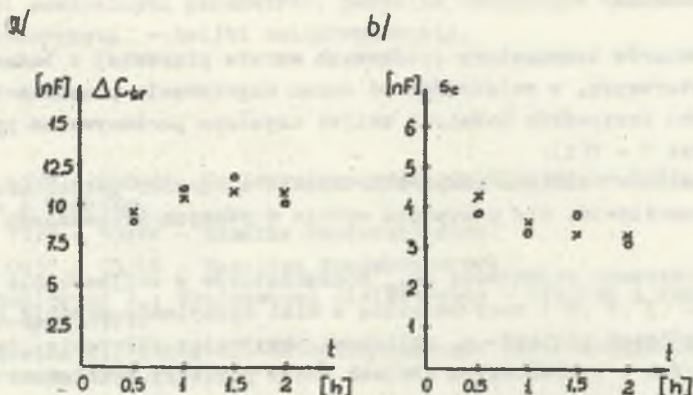
Rys.4 Zależność - a. średniego przyrostu C_m , b. odchylenia średniego kwadratowego poszczególnych przyrostów S_o od czasu suszenia próżniowego x - dla zwijek nawijanych przy 45 % wilg. o - dla zwijek nawijanych przy 80 % wilg.

Fig.4 a. The mean increment C_m , b. the mean square deviation S_o for individual increment as a function of vacuum drying time x - for wrappers coiled at 45 % humidity o - for wrappers coiled at 80 % humidity

Warunki przeprowadzonych badań były następujące:

- ad1. W celu określenia czasu nagrzewania wnętrza zwijki, wybrano zwijkę o największej średnicy (34 mm) i w jej wnętrzu umieszczono czujnik termometru kwarcowego. Następnie zwijkę wprowadzono do komory termicznej nagrzanej do temperatury 95°C. Zwijkę umieszczono w miejscu zapewniającym swobodną cyrkulację powietrza. W odstępach trzyminutowych dokonywano pomiarów temperatury. Badania powtórzono na drugiej zwijce tego samego typu.
- ad2. Suszenie zwijek pod normalnym ciśnieniem przeprowadza się w komorach termicznych, w których umieszczane są metalowe pojemniki z ułożonymi w warstwy zwijkami. W celu określenia rozkładu temperatury wewnątrz pojemnika z suszonymi zwijkami, zmierzono za pomocą termometru kwarcowego temperaturę zwijek znajdujących się na powierzchni warstwy oraz w 1/4, 1/2 i 3/4 jej głębokości. Pojemniki ze zwijkami przebywały przed pomiarem 4 godziny w komorze termicznej w temperaturze 95°C. Pomiary wykonano dla warstw o grubości 300, 200, 100, i 50 mm, ułożonych ze zwijek o średnicy 10 mm (typ zwijek o najmniejszej średnicy).

Badania wg 3, 4, 5 przeprowadzono na losowo wybranych próbkach jednokowych zwijek, każda o liczności 100 sztuk.



Rys.5 Zależność - a. średniego przyrostu C_{dr} , b. odchylenia średniego kwadratowego poszczególnych przyrostów s_{σ} od czasu nasycania x - dla zwijek nawijanych przy 45 % wilg. o - dla zwijek nawijanych przy 80 % wil.
 Fig.5 The mean increment C_{dr} , b. the mean square deviation s_{σ} for individual increment as a function of impregnation time x - for wrappers coiled at 45 % humidity o - for wrappers coiled at 80 % humidity

Próbki pobierano oddzielnie spośród zwijek nawijanych w warunkach wilgotności powietrza 45% i 80% (20°C). Zwijki oznaczono celem ich identyfikacji. Pojemności kondensatorów w zwijkach mierzono przed badaniami i po ich zakończeniu. Próbki kolejno poddawano procesom impregnacji, zmieniając warunki ich przebiegu. W każdym przypadku badań procesowi impregnacji poddawano równocześnie próbki reprezentujące wymienione poziomy wilgotności.

Badania prowadzono dla następujących warunków przebiegu procesów impregnacji:

- ad 3 - suszenie pod normalnym ciśnieniem - 95°C, 18 godz.,
 - suszenie próżniowe - 95°C, 8 godz.,
 - 1; 0,1; 0,01 hPa,
 - nasycanie - 95°C, 2 godz.
- ad 4 - suszenie pod normalnym ciśnieniem - 95°C, 18 godz.,
 - suszenie próżniowe - 95°C, 0,01 hPa,
 - 6,8,10 godz.,
 - nasycanie - 95°C, 2 godz.
- ad 5 - suszenie pod normalnym ciśnieniem - 95°C, 18 godz.,
 - suszenie próżniowe - 95°C, 8 godz., 0,01 hPa,
 - nasycanie - 95°C, 0,5; 1; 1,5; 2 godz.

3. Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów temperatury środkowych warstw pierwszej z badanych zwijek kondensatorowych, w zależności od czasu nagrzewania przedstawiono na rys.1. Dla obu przypadków badanych zwijek uzyskano porównywalne przebiegi charakterystyk $T = f(t)$.

Wyniki pomiarów rozkładu temperatur wewnątrz warstwy zwijek ułożonych w pojemniku metalowym, dla przypadku warstw o różnych grubościach prezentuje rys.2.

Średnie przyrosty pojemności ΔC_{gr} kondensatorów w zwijkach dla poszczególnych badań ($3^\circ, 4^\circ, 5^\circ$) oraz związane z nimi odchylenia średnie kwadratowe poszczególnych pomiarów s_c obliczono przyjmując założenie, że przyrosty pojemności w wymienionych seriach badań podległy rozkładowi normalnemu. Wyniki tych obliczeń zaprezentowano w postaci wykresów - rys.3, 4 i 5.

4. Wnioski

Wyniki badań nagrzewania zwijki (rys.1) pozwalają zauważyć, że czas nagrzewania wewnętrznej warstwy zwijki stanowi jedynie 3% (w stosunku do 18 godz.) przyjętego w badaniach czasu suszenia zwijek pod normalnym ciśnieniem. Badania przeprowadzono dla zwijek o największej średnicy, więc dla zwijek o małych średnicach czas ten będzie jeszcze mniejszy.

Natomiast ważną rolę w procesie impregnacji odgrywa wzajemne ułożenie zwijek w komorze termicznej. W przypadku ułożenia zwijek w grubych warstwach (300 mm), nawet po 4 godzinach suszenia pod normalnym ciśnieniem, w wewnętrznych warstwach zwijek występują znaczne różnice temperatur.

Autor zaproponował zmianę sposobu suszenia zwijek w komorze termicznej. Wykonany zestaw palet przy zachowaniu poprzedniej masy suszonych zwijek zapewni ułożenie ich w warstwach do 50 mm grubości oraz poprawia przepływy powietrza w komorze.

Analiza wyników badań - 3, 4 i 5 pozwala przyjąć następujący układ parametrów procesu impregnacji, zapewniający poprawę w powtarzalności produkcji:

- a) Suszenie pod normalnym ciśnieniem należy przeprowadzić tak, aby grubość warstwy zwijek nie przekraczała 50 mm, parametry suszenia powinny wynosić 95°C , 18 godz. (dotych. 110°C).
- b) Suszenie próżniowe powinno być prowadzone z zachowaniem następujących parametrów - 95°C ; 0,01 hPa, 8 godz. (dotych. 0,1 hPa).
- c) Nasylenie należy przeprowadzać przez 2 godz. w temperaturze 95°C (bez zmian).

Proces technologiczny impregnacji przeprowadzony zgodnie z przyjętymi wartościami nominalnymi parametrów, pozwolił dwukrotnie obniżyć poziom braków półfabrykatu - zwijki zaimpregnowanej.

LITERATURA

- [1] - PN 83/T - 80002 - Kondensatory przeciwzakłóceńowe Ogólne wymagania i badania.
- [2] - PN 77/P - 50476 - Bibułka kondensatorowa.
- [3] - BN 0537 - 03/66 - Wazelina kondensatorowa.
- [4] - Antoniewicz J.: Właściwości dielektryków - Tablice i wykresy, WNT, Warszawa 1971.
- [5] - Masewicz T., Wenda S.: Materiałoznawstwo radiotechniczne, WKŁ, Warszawa 1973.

Recenzent : doc. dr hab. inż. Zygmunt Kuśmierk

Wpłynęło do Redakcji dnia 28 grudnia 1988 r.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫБРАННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ИМПРЕГНАЦИИ КОНДЕНСАТОРНОЙ СЕКЦИИ НА ПОВТОРЯЕМОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Р е з ю м е

Технологический процесс импрегнации конденсаторных секций с диэлектриком в форме конденсаторной бумаги, оказывает значительное влияние на повторяемость производства антишумовых элементов, в которых применяются секции. В статье намечены параметры импрегнации: температура и время сушки под нормальным давлением: температура, вакуумметрическое давление и время в вакуум-сушке: температура и время пропитывания, - которых номиналы надо удерживать, чтобы достигнуть желательного прироста и разброса прироста ёмкости конденсатора в секции. Дано описание исследования, которое позволило определить время нагрева внутренней части секции и распределение температур внутри слоев нагреваемых секций. Результаты исследований использованы для изменения метода сушки под нормальным давлением. Дано описание исследования проб неимпрегнированных секций случайной выборки, которые были подчинены процессом импрегнации с разными величинами параметров. Определена система параметров процесса импрегнации, которая подвергалась проверке в производстве, позволяющая снизить уровень дефектов полуфабрикатов эдрос.

EXAMINATION OF THE INFLUENCE OF THE CONDENSER WRAPPER IMPREGNATION PROCESS SELECTED PARAMETRES ON PRODUCTION REPEATABILITY

The impregnation process of condenser wrappers made from the condenser tissue dielectric has a considerable influence on production repeatability of radio interference eliminators with condenser wrappers. Selected parametres of the impregnation process: temperature and drying time at normal pressure; temperature, vacuum and time in vacuum drying; temperature and impregnation time - which nominal values must be maintained to obtain a certain desired increment of capacitance in the wrapper and a scatter of the increment, have been presented. The tests which allowed to determine heating time of internal layer in the wrapper and distribution of temperature inside the layer of heated wrappers have been described. The test results have been used to change the way of drying wrappers at normal pressure. Tests of random-selected samples of non-impregnated wrappers, which had been impregnated in different conditions have been presented. Parameters of the impregnation process have been determined and verified in production and the level of semi-finished defects has been reduced twice.