



Patent dodatkowy
do patentu _____

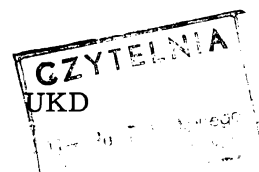
Zgłoszono: 21.IV.1966 (P 114 149)

Pierwszeństwo: 30.IV.1965 Wielka
Brytania

Opublikowano: 4.VII.1973

Kl. 21c,7/52

MKP H01b 9/06



Właściciel patentu: British Insulated Callender's Cables Limited, Londyn
(Wielka Brytania)

Sposób wytwarzania elektrycznego wysokonapięciowego kabla energoelektrycznego

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania elektrycznego wysokonapięciowego kabla energoelektrycznego mającego warstwę izolacyjną z tworzywa sztucznego, wewnątrz której znajduje się gaz lub mieszanina gazów pod ciśnieniem, będącym dobrym dielektrykiem i chemicznie obojętny wobec tej warstwy. Jako znane przykłady stosowanych gazów można wymienić: azot, sześćfluorek siarki, oraz gazy elektroujemne. Korzystne jest, aby warstwa izolacyjna była ukształtowana jako pojedyncza warstwa rurowa, lub jako kilka warstw współosiowych, warstw spojonych ze sobą.

Podczas wytwarzania takich kabli pomimo środków ostrożności w ścianie warstwy izolacyjnej i na jej łączeniu się z powłoką kabla powstają pęcherze powietrza niewypełnione materiałem dielektrycznym. Pęcherze te osłabiają wartość dielektryczną warstwy izolacyjnej tworząc miejsca w kablu podatne na uszkodzenia.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu wytwarzania kabla energoelektrycznego nie posiadającego wyżej wymienionych wad i niedogodności znanego sposobu, według którego wytworzony kabel posiadałby jednakową zdolność ochronną.

Sposób wytwarzania elektrycznego wysokonapięciowego kabla energoelektrycznego zaopatrzonego w nasyconą gazami jedno lub wielowarstwową warstwę izolacyjną ze stałego tworzywa sztucznego według wy-

2

nalazku polega na tym, że warstwę izolacyjną nasycy się wstępnie gazem obojętnym pod ciśnieniem wyższym od ciśnienia atmosferycznego i w podwyższonej temperaturze do jej całkowitego nasycenia gazem o ciśnieniu 7 kg/cm². Ponadto wstępne nasycanie warstwy izolacyjnej prowadzi się pod ciśnieniem wynoszącym 1,5 wartości ciśnienia roboczego i w temperaturze korzystnie bliskiej maksymalnej temperatury roboczej kabla. Zgodnie z wynalazkiem podczas wstępnego nasycania warstwy izolacyjnej po nałożeniu powłoki kabla chroni się tą powłoką przed rozruszaniem, a wstępne nasycanie warstwy izolacyjnej prowadzi się już po umieszczeniu rdzenia kabla w powłoce. Ponadto po ułożeniu wstępnie nasyczonego rdzenia kabla te części warstwy izolacyjnej w której pustych miejscach gaz jest pod ciśnieniem mniejszym niż 7 kg/cm² poddaje się dalszemu wstępnemu nasycaniu gazem.

Określenie całkowicie nasycony oznacza, iż pęcherze w każdej części masy stałej warstwy izolacyjnej albo pomiędzy masą warstwy izolacyjnej i spojoną z nim masą przewodzącą zostają wypełniane gazem przy ciśnieniu co najmniej 7 atm, a najlepiej przy ciśnieniu co najmniej równym ciśnieniu gazu roboczego w kablu, zazwyczaj około 14 atm, przy czym ciśnienie gazu w warstwie izolacyjnej oznacza ciśnienie jakie powinno istnieć w tych pęcherzach w tej części warstwy gdyby takie pęcherze istniały i jakie wynika z obliczenia sposobem podanym poniżej

odniesionym do załączonego rysunku przedstawiającym zależność między czasem i ciśnieniem.

Prędkość zmiany ciśnienia w małym pęcherzu może być wyznaczona na podstawie pierwszego i drugiego prawa Ficka, opisującego prędkość zmiany stężenia (lecz odniesionego do ciśnienia) w punkcie, w którym przyjmuje się, że w materiale istnieje przerwa, chociaż istnienie jej nie jest znane. W zastosowaniu do długiego przedmiotu o przekroju pierścieniowym, stanowiącego warstwę izolacyjną kabla, można bez większej szkody dla dokładności obliczeń zastąpić materiał pierścieniowy materiałem o tej samej grubości lecz o płaskich powierzchniach równoległych.

Z praw Ficka wynika, że $\frac{\partial p}{\partial t} = D \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$, gdzie p ozna-

acza ciśnienie, t — czas, x — współrzędną miejsca, a D — współczynnik dyfuzji.

Ciśnienie wewnątrz ciała płaskiego o grubości $2l$ poddanego na powierzchni działaniu ciśnienia p_0 może być otrzymane przez rozwiązanie tego równania z uwzględnieniem następujących warunków początkowych i brzegowych:

dla $t \leq 0$, $p = 0$ dla wszystkich x

dla $x = \pm l$, $p = p_0$ dla $t > 0$.

Z rozwiązania wynika, że czas potrzebny na to żeby ciśnienie wewnątrz ciała stałego osiągało wartość

p porównywalną z p_0 jest w przybliżeniu równe $\frac{4l^2}{p^2 D}$.

Zależność między p/p_0 i t (w sekundach) gdy $l = 0,127$ cm, a $D = 3 \cdot 10^{-7}$ cm²/sek, dla temperatury 30°C, jest przedstawiona na załączonym wykresie.

Krzywe dla innych wartości D' oraz l' niż D i l można otrzymać przez zmianę skali stosunku $\frac{t'}{t} = \frac{D}{D'} \cdot \frac{l'^2}{l^2}$.

W ten sposób otrzymano następujące wyniki dla stałego dielektryka polietylenowego poddanego zewnętrznemu ciśnieniu, przewyższającemu o 150% ciśnienie wymagane w pęcherzach, a więc dla $\frac{p}{p_0} = \frac{2}{3}$.

Przykład	Temperatura nasycenia °C	Odległość pęcherza od powierzchni do której przyłożono ciśnienie (l/mm)	Czas nasycenia	
			sek.	godz.
1	30	1,27	$3 \cdot 10^4$	8,3
2	30	12,7	$3 \cdot 10^6$	833,3
3	100	12,7	$1,57 \cdot 10^5$	44

Współczynnik D dla 30°C ma wartość podaną wyżej, a dla temperatury 100°C wynosi $5,73 \cdot 10^{-6}$ cm²/sek.

Jak wynika z przykładów 2 i 3 całkowite nasycenie izolacyjnej warstwy polietylenowej o grubości 25,4 mm przy ciśnieniu 7 atn osiąga się przez zastosowanie ciśnienia gazu 10,5 atn działającego na obydwie powierzchnie w przeciągu około 40 godzin w temperaturze 100°C, albo około 800 godzin w temperaturze 30°C, a całkowite nasycenie przy ciśnieniu 14 atn osiąga się przez działanie gazem na obydwie powierzchnie pod ciśnieniem 21 atn dla tego samego czasu i tych samych temperatur.

Pożądane jest przyspieszenie procesu wstępnego nasycania przez zastosowanie ciśnienia gazu przewyższającego ciśnienie robocze w kablu przynajmniej półtora raza i podwyższenie temperatury warstwy izolacyjnej do temperatury przynajmniej 60°C, a najlepiej do temperatury bliskiej maksymalnej temperatury roboczej kabla. Nasycanie wstępne jest najlepiej dokonywane w wytwórni przed nałożeniem lub po nałożeniu powłoki kabla, a ciśnienie gazu we wszystkich częściach warstwy izolacyjnej najlepiej zwiększa się ponad ciśnienie robocze kabla w stopniu wystarczającym dla zapewnienia, że straty gazu w czasie późniejszego przekładania kabla podczas produkcji i instalowaniu nie spowodują spadku ciśnienia gazu w warstwie izolacyjnej poniżej ciśnienia roboczego. Spadek ciśnienia gazu do wartości poniżej ciśnienia roboczego w częściach warstwy izolacyjnej bliskich powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej jest dopuszczalny, ponieważ może być łatwo skompensowany przez ponowne nasycanie wstępne po zainstalowaniu kabla, ale przed jego włączeniem do ruchu.

Korzystne jest nasycanie wstępne warstwy izolacyjnej przed nałożeniem powłoki na przykład przez zamknięcie nie pokrytego powłoką rdzenia kablowego w naczyniu ciśnieniowym i poddanie go w podwyższonej temperaturze działaniu gazu przewyższającego znacznie ciśnienie robocze. Na przykład kabel z warstwą izolacyjną ze stałego polietylenu, przeznaczony do pracy przy ciśnieniu azotu 14 atn, może być poddany ciśnieniu azotu 35 atn po podgrzaniu do temperatury 80—90°C. Całkowite nasycenie warstwy izolacyjnej o grubości około 12 mm może być osiągnięte w tych warunkach w przeciągu około 12 godzin, gdy obydwie powierzchnie wewnętrzne i zewnętrzne warstwy izolacyjnej są wystawione na działanie gazu, czyli gdy rdzeń stanowi przewód przenikalny dla gazu, a wszelkie materiały znajdujące się między przewodnikiem i warstwą izolacyjną albo nałożone na zewnętrzną powierzchnię tej warstwy jako przewodnik lub ekran dielektryczny są również przenikalne dla gazu. Przed wyjęciem rdzenia z komory ciśnieniowej do celu nałożenia powłoki, dopuszczalne jest ochłodzenie jego do temperatury otoczenia, przy czym w tej temperaturze prędkość dyfuzji gazu z warstwy izolacyjnej jest tak mała, że w czasie operacji nakładania powłoki zachodzą tylko małe straty ciśnienia gazu i tylko w niewielkiej części warstwy izolacyjnej ciśnienie może spaść do wartości niższej od ciśnienia roboczego kabla, czyli w częściach warstwy izolacyjnej bezpośrednio przylegających do powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej. Po nałożeniu powłoki na kabel zapobiega się dalszej stracie gazu przez uszczelnienie końców powłoki i napełnienie przestrzeni między rdzeniem i powłoką gazem o ciśnieniu roboczym lub wyższym. Po tym już nie zachodzą żadne straty ciśnienia gazu, dopóki nie rozpoczną się prace łączenia. Podczas łączenia spadek ciśnienia gazu wchłoniętego przez warstwę izolacyjną jest niski i zachodzi w przeważającym stopniu tylko w pobliżu wewnętrznych i zewnętrznych powierzchni kabla i na odsłoniętych końcach odcinka kabla. Według wynalazku całkowite nasycenie warstwy izolacyjnej zostaje przywrócone przez podanie jej ciśnieniu gazu o wartości równej lub wyższej od ciśnienia roboczego, zanim kabel zostanie włączony do ruchu.

Jeżeli nasycenie wstępne warstwy izolacyjnej gazem odbywa się przed nakładaniem powłoki i jeżeli powłoka jest tego rodzaju, że nie wytrzymuje ciśnienia gazu, jakie ma być przyłożone do warstwy izolacyjnej podczas nasycania wstępnego, to stosuje się ciśnienie płynu z zewnątrz powłoki, aby zapobiec jej rozszerzaniu. Dokonywane to jest przez zanurzenie całego kabla w naczyniu ciśnieniowym i poddanie go zarówno wewnątrz jak i zewnątrz powłoki ciśnieniu gazu, albo przez zanurzenie powleczonego kabla w cieczy pod odpowiednim ciśnieniem i wprowadzenie gazu tylko do otwartych końców kabla pokrytego powłoką. W tym przypadku naczynie może stanowić rurę o większej średnicy niż kabel i co najmniej równej długości jak odcinek kabla. Może być to również rurociąg, w którym kabel pokryty powłoką ma być zainstalowany, przy czym w tym ostatnim przypadku powłoka działa jako nieprzenikalna przepona, która może przekazywać ciśnienie między gazem wewnątrz kabla i gazem lub cieczą otaczającym kabel i wypełniającą rurociąg. Również gdy kabel ma być zainstalowany w rurociągu, który sam ma być napełniony gazem, a nie jest przewidziana żadna nieprzenikalna przepona między warstwą izolacyjną a gazem wypełniającą rurociąg, to całe nasycenie wstępne może być dokonane na miejscu po wciągnięciu kabla do rurociągu, jeżeli zastosuje się ciśnienie znacznie wyższe od roboczego ciśnienia kabla, przy czym można przyspieszyć dyfuzję gazu do warstwy izolacyjnej przez ogrzanie kabla, na przykład przez przepuszczenie prądu elektrycznego przez przewód.

Gdy sposób według wynalazku jest zastosowany do kabla w rurociągu albo kabla mającego wzmocnioną powłokę wytrzymującą ciśnienie znacznie wyższe od ciśnienia roboczego, to nasycenie wstępne warstwy izolacyjnej może być dokonywane po nałożeniu powłok na odcinki kabla, albo po wciągnięciu do rurociągu albo przed, albo po wykonaniu złącz i końcówek. Jeżeli nasycenie wstępne odbywa się przed wykonaniem złącz i końcówek, to wszelkie straty gazu podczas wykonywania złącz i końcówek, jakie mogłyby spowodować, że ciśnienie gazu w pewnej części warstwy izolacyjnej spadnie poniżej ciśnienia roboczego, to według wynalazku zostaje to skompensowane przez późniejsze nasycenie wstępne po wykonaniu złącz i końcówek, ale przed włączeniem kabla do pracy.

Stałe uformowane wstępnie dielektryczne kształtki z tworzywa sztucznego stosowane w złączach i koń-

cówkach, mogą być nasycone wstępnie w wytwórni i dostarczane na miejscu w zamkniętych pojemnikach. Jeżeli, jak to jest pożądane, są one nasycone wstępnie gazem o ciśnieniu znacznie przewyższającym ciśnienie robocze w kablu, to wszelkie straty gazu w czasie czynności łączenia nie wpływają na obniżenie ciśnienia w jakiegokolwiek części do wartości poniżej ciśnienia roboczego, przy czym takie straty mogą być w razie potrzeby uzupełnione przed oddaniem instalacji do użytku.

Sposób według wynalazku stosowany jest do kabli jednordzeniowych jak i wielordzeniowych, przy czym w przypadku kabli wielordzeniowych nasycenie wstępne może być dokonywane przed lub po ułożeniu albo częściowo przed, a częściowo po ułożeniu.

Sposób wytwarzania kabli według wynalazku ma tę zaletę, że kabel jest oddawany do użytku w stanie całkowitego nasycenia i w ten sposób unika się przedwczesnego przebicia dielektryka, co mogłoby być spowodowane w razie obecności pęcherzy nie zawierających gazu o pełnym ciśnieniu roboczym kabla.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania elektrycznego wysokonapięciowego kabla energoelektrycznego zaopatrzonego w nasyconą gazem jedno lub wielowarstwową warstwą izolacyjną ze stałego tworzywa sztucznego, **znamienny tym**, że warstwą izolacyjną nasycą się wstępnie gazem obojętnym pod ciśnieniem wyższym od ciśnienia atmosferycznego i w podwyższonej temperaturze do jej całkowitego nasycenia gazem o ciśnieniu 7 kg/cm².

2. Sposób według zastrz. 1. **znamienny tym**, że wstępne nasycenie warstwy izolacyjnej prowadzi się pod ciśnieniem wynoszącym 1,5 wartości ciśnienia roboczego i w temperaturze korzystnie bliskiej maksymalnej temperatury roboczej kabla.

3. Sposób według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że podczas wstępnego nasycania warstwy izolacyjnej po nałożeniu powłoki kabla chroni się tę powłokę przed rozszerzaniem.

4. Sposób według zastrz. 1—2, **znamienny tym**, że wstępne nasycenie warstwy izolacyjnej prowadzi się po umieszczeniu rdzenia kabla w powłoce.

5. Sposób według zastrz. 1—2, **znamienny tym**, że po ułożeniu wstępnie nasyconego rdzenia kabla te części warstwy izolacyjnej, w której pustych miejscach gaz jest pod ciśnieniem mniejszym niż 7 kg/cm² poddaje się dalszemu wstępnemu nasycaniu gazem.

