



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVEDČENÍU

212 876

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavná priorita

(22) Přihlášeno 19 05 80

(21) PV 3446-80

(51) Int. Cl.³

H 01 B 3/20

(40) Zveřejněno 29 05 81

(45) Vydáno 01 01 84

(75)

Autor vynálezu PROKEŠ JOZEF ing., CSc., BRATISLAVA,
MACKO LADISLAV ing., BRATISLAVA,
SKŘIVAN VLADISLAV, Kladno,
MŇUK JIŘÍ ing., Kladno
ZLOMEK JOZEF ing., Kladno

VALSA STANISLAV, Kladno

(54) Elektroizolačný nestekavý impregnant pre vrstevnú papierovú izoláciu
vysokonapäťových silnoprúdových káblov

Elektroizolačný nestekavý impreg-
nant pre vrstevnú papierovú izoláciu vyso-
konapäťových silnoprúdových káblov.

Nestekavý zmesný impregnant na báze mine-
rálneho aleja, špecifického amorfného po-
lypropylénu a ropného vosku. Impregnant je
vhodný pre vysokonapäťové silnoprúdové káb-
le určené na trasy a väčšími výskovými roz-
dielmi, respektíve určené pre zvislú montáž.

Využitie vynálezu je možné predovšet-
kým v kábelovniach, kde sa vyrábajú prísluš-
né typy vysokonapäťových, najmä 22 a 35 kV
silnoprúdových káblov s klasickou impreg-
novanou izoláciou.

Vynález sa týká elektroizolačných nestekavých impregnantov pre vrstvenú papierovú izoláciu vysokonapäťových, silnoprúdových káblov klasickej konštrukcie. Ide o typy, kde požadovaná priemerná životnosť obvykle presahuje 30 rokov. Účelom riešenia je získanie nového typu nestekavého impregnantu vhodných vlastností, ktorý v porovnaní s doterajšími je technicky, technologicky aj ekonomicky výhodnejší.

Impregnovaním papierovej izolácie vhodnými materiálmi olejového typu zvýši sa jej elektrická, prierazová pevnosť 10 až 15 násobne. U silnoprúdových káblov klasickej konštrukcie, s vrstvenou papierovou izoláciou napustenou bežným impregnantom olejovitej konzistencie, uložených na trasách s väčším výškovým rozdielom, už aj v dôsledku obvyklých prevádzkových cyklov, prejavujúcich sa striedavým zohrievaním s ochladzovaním, dochádza k migrácii a stekaniu impregnantu radiálne aj axiálne pozdĺž papierovej izolácie. Tým postupne vznikajú impregnantom nevyplnené priestory a úseky, dutiny v izolácii, v ktorých vzniká ionizácia, čo výsledne potom vedie až k elektrickému prierezu kábla. Praktické hranice prípustných výškových rozdielov na bežnej káblovej trase sa pohybujú v rozmedzí cca 5 až 14 m. Pre jednotlivé alternatívy sú podmienky bližšie vymedzené o.i. napríklad v ČSN 37 5054. Dané obmedzenia nemožno kompenzovať použitím ani najkvalitnejších impregnantov bežných typov.

U káblov určených na trasy s väčšími výškovými rozdielmi, resp. na zvislú inštaláciu, je potrebné použiť špeciálne, takzvané nestekavé impregnáty, obvykle označované aj názvom "non draining compounds". Boli vyvinuté a sú dostupné rôzne typy takýchto impregnantov, sú to látky na báze prírodných aj syntetických materiálov a ich zmesí, pričom na ich prípravu sa používajú najrozličnejšie suroviny.

Od impregnantov takéhoto typu sa okrem splnenia ibvyklých požiadaviek, tj. ich vhodnosti z hľadiska technického, technologického, ekonomického, efektívnosti ich použitia, ceny a dostupnosti potrebných surovín atď. vyžaduje navyše, aby tieto impregnáty mali veľmi dobré elektrické a fyzikálne vlastnosti, pred aplikáciou, ale aj po nej, aby mali dobrú odolnosť proti starnutiu, ale navyše musia mať špecificky nízku viskozitu pri obvyklej impregnačnej teplote, aby sa nimi umožnilo čo najdokonalejšie preimpregnovanie papierovej izolácie, na druhej strane však viskozita toho istého impregnantu musí byť čo najvyššia aj pri hraničných prevádzkových teplotách kábla, aby nedochádzalo k migrácii alebo stekaniu impregnantu na nižšie položené miesta. Ten istý impregnant musí mať aj vhodné reologické vlastnosti, musí byť dostatočne prilnavý k izolácii aj ku kovovým jadrám, byť dostatočne plastický aj pri nízkych teplotách a mať nízky koeficient tepelnej rozťažnosti, aby počas kladenia, resp. tepelných cyklov v kábli nedochádzalo k jeho praskaniu, k lámaniu papierovej izolácie a k vytváreniu trhlin alebo dutín v impregnovanej izolácii.

Náročnosť splnenia súčasných, v mnohých smeroch až protikladných požiadaviek vedie k tomu, že známe riešenia sú prevažne kompromisom a dané požiadavky obvykle sú splnené len čiastočne alebo v nedostačujúcej miere, nekomplexne. Súčasne, vzhľadom na roznorodosť technických postulátov, dosiahnutie praktických výsledkov zásadne je možné očakávať len uplatnením kombinovaných materiálov, tj. zmesnými typmi impregnantov zložených z viacerých aktívnych zložiek a vhodne vymedzených materiálov a ich podielov v danej kombinácii. Základ-

nou zložkou takýchto zmesí zostáva tu pritom prevažne niektorý tekutý izolant, obvykle na báze minerálneho alebo syntetického oleja, ktorého vlastnosti sú upravené integrovanými podielmi ďalších zmesných zložiek a prísad.

Polyméry rôzneho typu, ktoré sa pridávajú do olejových typov impregnantov ako ich plastifikátory, prísady na zlepšenie prilnavosti a tiež ako zvyšovače teploty tečenia, majú tú vlastnosť, že zvyšujú viskozitný index zmesi, a to tým viac, čím má polymér vyššiu molekulovú hmotnosť, pričom významnú úlohu má aj štruktúra polyméru. Ako negatívny vplyv sa tu však prejavuje ovplyvnenie procesu impregnácie izolácie káblov, vzhľadom na zvýšenú viskozitu takéhoto impregnantu. V záujme dôkladného preimpregnovania je potom potrebné voľiť buď vyššie impregnačné teploty alebo dlhšie impregnačné časy, čo však následne nepriaznivo ovplyvňuje elektrické a funkčné vlastnosti vyrobených káblov.

V dôsledku nedostatku mikrokryštalických ropných voskov vhodného typu, resp. analogických zložiek s gradáciou nad 85°C , ktoré by boli bez vypadávania zo zmesi aj samotné schopné zabezpečiť impregnantu dostatočne vysokú teplotu tečenia, túto ich funkciu čiastočne preberajú prísady z polyméru. Vysokomolekulové polyméry s priemernou molekulovou hmotnosťou 15 000 a viac, obvykle dokážu zabezpečiť aspoň požadovanú vysokú teplotu tečenia, avšak preto, že nie je možné z nich integrovať väčšie množstvá, impregnanty nedosahujú potrebnú plasticitu. Polyméry s nižšou molekulovou hmotnosťou cca 3 000, olejovite-medovitej konzistencie, možno pridať v dostatočnom množstve na dosiahnutie dobrej plasticity a lepivosti, tieto pritom ovplyvňujú bod skvapnutia impregnantu iba minimálne. Vzhľadom však na obmedzenosť výberu vhodných typov, ktoré musia spĺňať aj rad špecifických požiadaviek aj kvalitatívneho, technologického a aplikačného rázu, vzhľadom na ich obmedzenú dostupnosť, vysokú cenu i ďalšie okolnosti v danej súvislosti, použitie týchto polymérov sa javí málo efektívnym a ekonomicky nevýhodným a pritom aj ich aplikácia vyžaduje obvykle prídanie i ďalších zložiek na zvýšenie bodu skvapnutia impregnantu a nedarí sa vždy zabrániť ani vypadávaniu časti zložiek, ku ktorému tu dochádza v niektorých prípadoch.

Nevýhody doterajšieho stavu odstraňujú sa riešením podľa vynálezu. Toto riešenie je v podstate charakterizované tým, že daný elektroizolačný impregnant pre vrstvenú papierovú izoláciu vysokonapäťových silnoprúdových káblov je homogenizovanou zmesou zložiek 20 až 74 hmotnostných percent izolačného oleja, 25 až 75 hmotnostných percent mikrokryštalického ropného vosku, výhodne cerezínu pre elektrotechnické účely, bod skvapnutia ktorého podľa Ubelohdeho je minimálne 70°C , a ďalším podielom v zmesi je 1 až 30 hmotnostných percent amorfného polypropylénu, ktorého bod mäknutia je najmenej 70°C a obsahuje 5 až 40 hmotnostných percent stereoblokových štruktúr a izotaktických podielov rozptýlených v ataktickom polyméri pri stanovení tohoto obsahu Nattovou frakčnou analýzou ako podiel nerozpustný v n-heptáne pri laboratórnej teplote. Alternatívnym riešením je principiálne obdobný impregnant, ktorý je ako charakterizovaný tým, že obsahuje ako zmesné podiely 20 až 75 hmotnostných percent izolačného oleja, 1 až 10 hmotnostných percent kolofónie, 25 až 75 hmotnostných percent špecifikovaného mikrokryštalického ropného vosku a podiel 1 až 30 špecifikovaného amorfného polypropylénu. Vhodnou ďalšou konkretizáciou daného riešenia je aj impregnant, ktorý je charakterizovaný tým, že obsahuje podiel 95 až 99 hmotnostných percent

špecifikovaného zmesného nestekavého impregnantu z 20 až 74 hmotnostných percent izolačného oleja, 25 až 75 hmotnostných percent mikrokryštalického ropného vosku a 1 až 30 hmotnostných percent ataktického polypropylénu, alebo z 20 až 73 hmotnostných percent izolačného oleja, 1 až 10 hmotnostných percent kolofónie, 25 až 75 hmotnostných percent mikrokryštalického ropného vosku a 1 až 30 hmotnostných percent amorfneho polypropylénu, ktorý podiel nestekavého impregnantu je zhomogenizovaný s podielom 1 až 5 hmotnostných percent polyolefínu, výhodne vysokotlakového polyetylénu, charakterizovaného indexom toku taveniny 50 až 500 a hustotou maximálne $0,920 \text{ g/cm}^3$.

Nestekavý impregnant podľa vynálezu možno považovať za komplexné riešenie problematiky tak po stránke technickej, ako aj aplikačnej. Potrebne zložky zmesi sú bežne dostupné, ich cena je relatívne nízka, výhodná. Ako izolačný olej pre daný účel sú vhodné aj typy na báze parafinických róp, včítane tzv. pseudorafinátov. Zmesná zložka na báze amorfneho polypropylénu predstavuje materiál, ktorý je vedľajším, t.č. prakticky odpadovým produktom, vznikajúcim pri výrobe izotaktického polypropylénu Ziegler-Nattovým postupom. Jeho aplikovateľnosť je podmienená výberom a predchádzajúcou tepelnou úpravou, kde sa odstráni voda a rozpúšťadlo, čím sa získa tavenina, ktorá obsahuje zmes ataktického, stereoblokového a izotaktického polypropylénu, obecné rôzneho zloženia z každej výrobnnej šarže. Každá z týchto zložiek amorfneho polypropylénu pre daný účel, t.j. ako súčasť nestekavého impregnantu, pôsobí špecificky odlišne a zároveň priaznivo na výsledné funkčné vlastnosti. Obsah ataktického polyméru, ktorého mekulová hmotnosť je okolo 10 000, zabezpečuje jej dobrú rozpustnosť, pričom vzhľadom na jej štruktúru, ktorá je hustej, medovitej, lepivej konzistencie so studeným tokom, u nestekavého impregnantu spôsobuje, že tento má dobrú plasticnosť a prilnavosť, a to prakticky už bez negatívneho ovplyvnenia výšky impregnačnej teploty. Prítomné stereoblokové štruktúry so širokým spektrom mekulových hmotností až do 300 000 spolu s izotaktickým polymérom sú pri prevádzkovej teplote káblov iba obmedzene rozpustné, v zmesi sú rozptýlené a vytvárajú tu preto priestorové zábrany proti migrácii impregnantu, čím pôsobia ako účinný zvyšovač bodu skvapnutia. V prípade amorfnych polypropylénov, ktoré obsahujú menej vysokomolekulárnych štruktúr, zvýšenie bodu skvapnutia sa dosiahne integrovaním malého množstva ďalšieho polyméru v zmesi.

Podiel amorfneho polypropylénu zlepšuje elektrické vlastnosti nielen v čerstvo pripravenom impregnantu, ale má priaznivý vplyv aj na jeho stálosť voči oxidácii, pretože v oblasti impregnačných teplôt vykazuje menšie zmeny dielektrických vlastností, a tým sú menšie aj zmeny dielektrických vlastností po dlhodobom stárnutí. Umožňuje sa tým vylúčenie alebo podstatné obmedzenie obsahu prírodnej živice, kolofónie v zmesi, ktorá v nej má v dôsledku svojej polárnej štruktúry nepriaznivý vplyv na elektrické vlastnosti. Podiel špecifického amorfneho polypropylénu plní teda v danej zmesi funkciu plastifikátora, zvyšuje jej prilnavosť, znižuje viskozitný index a pôsobí tu aj ako antioxidant. V dôsledkoch sa získava nestekavý impregnant s vyššími technickými parametrami a rozšírenými aplikačnými možnosťami, vhodný aj pre káble na vyššie napätia, napríklad 22, 35 kV, alebo i vyššie.

Zmes zložiek vytvára stabilný gél, ktorého podiely sa neoddeľujú ani pri dlhodobej prevádzke káblov. Zmesný produkt nedegraduje, nemení vlastnosti ani keď dochádza k jeho

212 876

prehriatiu na vyššie teploty v priebehu prípravy a aplikácie, resp. počas sťažených prevádzkových podmienok, takže zabezpečuje trvale požadované vlastnosti u príslušných káblov. Požiadavky praxe dané riešenie splňuje komplexne, odstraňuje prevážnu časť doterajších nedostatkov tak vo výrobe ako pri aplikácii, a to po stránke technickej, technologickej aj ekonomickej.

Príklad 1

K zložke 38 hmotnostných percent izolačného, káblového oleja pre vysoké napätie zodpovedajúcemu ČSN 65 6846, zohriatemu na 160°C , pridalo sa za stáleho miešania 12 hmotnostných dielov amorfného polypropylénu, ktorého bod mäknutia, zistený skúškou krúžok - gulôčka podľa ČSN 65 7060 vykazoval hodnotu 154°C . Táto zložka obsahovala pritom 85,10 hmotnostných percent ataktického polyméru, 12,10 hmotnostných percent stereoblokového polyméru a 2,90 hmotnostných percent izotaktického polyméru, pri stanovení tohto obsahu Nattovou frakčnou analýzou s n-heptánom.

Po zhomogenizovaní oboch zložiek sa k roztoku postupne, za stáleho miešania pridalo 50 hmotnostných dielov cerezínu 80, zodpovedajúcemu GOST 2488-73, ktorý mal bod skvapnutia podľa Ubbelohdena 82°C , viskozitu pri 100°C $14,3 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a merný vnútorný odpor pri 100°C $1,5 \cdot 10^{10} \text{ Ohm.m}$. Až do zhomogenizovania zložiek sa teplota počas miešania udržiavala v rozmedzí $100 - 120^{\circ}\text{C}$. Získaný nestekavý impregnant mal bod skvapnutia podľa Ubbelohdena 79°C a viskozita tu pri 100°C 50 mPa.s . Hodnota stratového činiteľa v pôvodnom stave, pri 100°C a 50 Hz bola 0,0157, merný vnútorný odpor pri 100°C mal hodnotu $1,3 \cdot 10^{10} \text{ Ohm.m}$. Po umelom starnutí podľa ČSN 65 6846 stratový činiteľ mal hodnotu 0,0374 pri 100°C a merný vnútorný odpor pri tej istej teplote $8,7 \cdot 10^9 \text{ Ohm.m}$. Výsledný nestekavý impregnant sa aplikoval na silnoprúdové káble 22 kV, ktorých vodivé jadro Cu boli izolované 48 vrstvou navíjanou papierovou izoláciou z nátronnej celulózy podľa ČSN 50 2622. Káble bolo možné použiť pre trasy bez obmedzenia výškových rozdielov, včítane možnosti zvislého inštalovania.

Príklad 2

K podielu 50 hmotnostných percent impregnantu olejovitého typu, obsahujúceho 87 hmotnostných percent káblového oleja pre vysoké napätie podľa ČSN 65 6846, 8 hmotnostných percent amorfného polypropylénu špecifikovaného ako v príklade 1 a podiel 5 hmotnostných percent gréckej kolofónie, sa po zohriatí tejto zmesi na 120°C postupne, za stáleho miešania pridalo 50 hmotnostných percent cerezínu špecifikovaného ako v príklade 1, pričom teplota sa za miešania udržiavala v rozmedzí 100 až 120°C až do zhomogenizovania zložiek.

Pripravený nestekavý impregnant mal bod skvapnutia podľa Ubbelohdena 75°C a viskozitu pri 100°C 25 mPa.s . Stratový činiteľ v pôvodnom stave pri 100°C a 50 Hz mal hodnotu 0,03792; hodnota merného vnútorného odporu pri 100°C bola $0,55 \cdot 10^{10} \text{ Ohm.m}$. Po umelom starnutí podľa ČSN 65 6846 stratový činiteľ mal hodnotu 0,05752 pri 100°C a merný vnútorný odpor pri 100°C mal hodnotu $4,3 \cdot 10^9 \text{ Ohm.m}$.

Získaný nestekavý impregnant v plnom rozsahu vyhovel požiadavkám na aplikovanie u obdobných typov silnoprúdových vysokonapäťových káblov ako v príklade 1 a to až do 35 kV, určených pre trasy s výškovými rozdielami bez obmedzenia, resp. pre uloženie zvisle.

Príklad 3

K podielu 97 hmotnostných percent impregnantu špecifikovaného ako v príklade 2 sa bezprostredne po pridání cerezínu, postupne, pri teplote 120 °C, za stáleho miešania pridalo množstvo 3 hmotnostných percent polyetylénu typu Bralen SA 200, ktorý mal index toku taveniny 200 a hustotu 0,916 g/cm³, pričom uvedená teplota sa udržiavala po celú dobu miešania zložiek, až do ich zhomogenizovania.

Vyrobený nestekavý impregnant mal bod skvapnutia podľa Ubbelohdeho 83 °C, viskozitu pri 100 °C 36 mPa.s. Hodnota stratového činiteľa v pôvodnom stave pri 100 °C a 50 Hz bola 0,0251, merný vnútorný odpor pri 100 °C mal hodnotu 0,74.10¹⁰ Ohm.m. Po umelom starnutí podľa ČSN 65 6846 hodnota stratového činiteľa bola 0,05097 pri 100 °C a merný vnútorný odpor pri 100 °C mal hodnotu 5,5.10⁹ Ohm.m.

Výsledný nestekavý impregnant sa aplikoval pre obdobné účely a obdobným spôsobom ako v príkladoch 1 a 2 u káblov na 22 a 35 kV, určených na uloženia na trasách s výškovými rozdielmi bez obmedzenia, resp. na svislú inštaláciu, pričom sa predpokladalo, že tu súčasne dochádza k sťaženým prevádzkovým podmienkam, predovšetkým k zvýšeným krátkodobým prekročeniam obvyklých maximálnych teplôt príslušných káblov.

Riešenie podľa vynálezu možno bezprostredne využiť predovšetkým v kábelovniach, výrobníach, kde sa produkujú príslušné typy vysokonapäťových, najmä 22 a 35 kV silnoprúdových káblov s impregnovanou vrstvenou papierovou izoláciou.

P R E D M E T V Y N Á L E Z U

1. Elektroizolačný nestekavý impregnant pre vrstvenú papierovú izoláciu vysokonapäťových silnoprúdových káblov, na báze zmesi minerálneho oleja a olefinického polyméru, vyznačujúci sa tým, že impregnant je homogenizovanou zmesou zložiek s obsahom 20 až 74 hmotnostných percent izolačného oleja, 25 - 75 hmotnostných percent mikrokryštalického ropného vosku, výhodne cerezínu pre elektrotechnické účely, bod skvapnutia ktorého podľa Ubbelohdeho je minimálne 70 °C, a ďalším podielom v zmesi je 1 až 30 hmotnostných percent amorfného polypropylénu, ktorého bod mäknutia je najmenej 70 °C a obsahuje 5 až 40 hmotnostných percent stereoblokových štruktúr a izotaktických podielov rozptýlených v ataktickom polyméri pri stanovení tohoto obsahu Nattovou frakčnou analýzou ako podiel nerozpustný v n-heptáne pri laboratórnej teplote.
2. Elektroizolačný nestekavý impregnant podľa bodu 1, vyznačujúci sa tým, že obsahuje ako zmesné podiely 20 až 73 hmotnostných percent izolačného oleja, 1 až 10 hmotnostných percent kolofónie, 25 až 75 hmotnostných percent špecifikovaného mikrokryštalického ropného vosku a podiel 1 až 30 špecifikovaného amorfného polypropylénu.
3. Elektroizolačný nestekavý impregnant podľa bodu 1, 2, vyznačujúci sa tým, že obsahuje podiel 95 až 99 hmotnostných percent špecifikovaného zmesného nestekavého impregnantu z 20 až 74 hmotnostných percent izolačného oleja, 25 až 75 hmotnostných percent mikrokryštalického vosku a 1 až 30 hmotnostných percent ataktického polypropylénu, alebo z 20 až 73 hmotnostných percent izolačného oleja, 1 až 10 hmotnostných percent kolofónie, 25 až 75 hmotnostných percent mikrokryštalického ropného vosku a 1 až 30 hmotnostných

212 878 .

percent amorfného polypropylénu, ktorý podiel nestekavého impregnantu je zhomogenizovaný s podielom 1 až 5 hmotnostných percent polyolefínu, výhodne vysokotlakového polyetylénu, charakterizovaného indexom toku taveniny 50 až 500 a hustotou maximálne $0,920 \text{ g/cm}^3$.

O P R A V A

popisu vynálezu k autorskému osvědčení č.212 876
Int.Cl.³ H 01 B 3/20

U popisu vynálezu k autorskému osvědčení č.212 876 je chyba
v názvu.

Správně: Elektroizolačný nestekavý impregnant pre vrstvenú
papierovú izoláciu vysokonapäťových silnoprúdových
káblov

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY
