



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENÍU

223677
(11) (B1)

(22) Prihlášené 06 07 81
(21) (PV 5185-81)

(40) Zverejnené 28 01 83

(45) Vydané 15 03 86

(51) Int. Cl.³
H 01 B 3/20

(75)

Autor vynálezu

PROKEŠ JOZEF ing. CSc., MACKO LADISLAV ing., BRATISLAVA, SKŘIVAN
VLADISLAV, MŇUK JIŘÍ ing., ZLOMEK JOSEF ing., VALSA STANISLAV,
KLADNO

(54) Zmesný elektroizolačný káblový impregnant olejového typu a spôsob
jeho výroby

1

2

Vynález sa týka odboru elektroizolačných materiálov pre kábelársky priemysel. Rieši sa problematika olejového typu zmesného káblového impregnantu, ktorého podstatnou zložkou je elektroizolačný olej na báze rafinátov minerálneho oleja, ktorý spolu s homogenizovanými ďalšími zložkami, podielmi syntetických polymérov a syntetickej živice tvorí produkt určený pre impregnáciu vysokonapäťovej papierovej izolácie silno-prúdových káblov tzv. klasickej konštrukcie.

Špecifikáciou a vymedzením zložiek zmesného produktu umožňuje sa výroba a aplikácia technicky aj ekonomicky výhodného typu impregnantu na báze i takých rafinátov so zvýšeným obsahom olejových živíc, ktoré sa doteraz nedali využiť pri príprave káblových impregnantov.

Riešenie je určené pre kábelársky priemysel, pre výrobu s produkciou príslušných káblov klasickej konštrukcie do 35 kV.

Vynález rieši problematiku olejového typu zmesného elektroizolačného káblového impregnantu na báze rafinátov minerálneho oleja, ktorého základnými zložkami sú homogenizované podiely izolačného oleja, syntetických polymérov a živice, pričom výsledný produkt je určený najmä pre impregnáciu vysokonapäťovej papierovej izolácie silnoprúdových káblov. Účelom vynálezu je predovšetkým technicky a ekonomicky umožniť získanie a uplatnenie káblových impregnantov aj na báze takých rafinátov, izolačných olejov, ktoré sa doteraz pre tento účel prakticky vôbec nedali použiť.

U vysokonapäťových silnoprúdových káblov takzvanej klasickej konštrukcie sa vlastný izolačný systém v podstate vytvára z vrstvenej papierovej izolácie, ktorá je kombinovaná s aplikovaným káblovým impregnantom, obvykle olejového typu, vyplňujúcim tu póry a medzery vo vrstvenej izolácii, a pôsobením vlastne až tohto sa u kábla skutočne dosahujú a zabezpečujú požadované prevádzkové vlastnosti. Káblové impregnanty uvažovaného typu sa pripravujú tým spôsobom, že do ich základnej olejovej zložky, ktorým je vhodný elektroizolačný, obvykle vysokonapäťový káblový olej, integrujú sa rozpúšťaním a homogenizovaním podiely živice, obvykle kolofónie, prípadne spolu so syntetickými polymérnymi produktami, alebo len v zmesi s takýmito produktami. Ak sa má získať nestekajúci impregnant, do zmesi sa navyiac integruje predovšetkým mikrokrištallický ropný vosk, cerezín, resp. na zlepšenie reologických vlastností aj podiel polyetylénu.

Vzhľadom na mimoriadne náročnú funkciu týchto impregnantov v izolačnom systéme predstavujú požiadavky na ich finálne vlastnosti rad problémov, ktorých riešenie v praxi často naráža na skoro neprekonateľné ťažkosti. Treba tu totiž dosiahnuť dokonalú rozpustnosť prídavných podielov v izolačnom oleji, stálosť roztoku, špecifické viskozitne tepelné ako aj vhodné nízkoteplotné vlastnosti, dlhodobú oxidačnú stálosť, kombinované elektroizolačné vlastnosti v spojení s papierom, ako aj stálosť impregnantu v elektrickom poli vysokého napätia v spojení so schopnosťou dostatočného pohlcovania plynov z rozkladu uhľovodíkov, a to spolu s celým radom aj ďalších technických a technologických vlastností, ktorých dosiahnutie sa tu pritom požaduje vždy ako celku, súčasne. Je pritom známe, že už aj najmenšia zmena u jedinej zmesnej zložky, u jej špecifikácie, množstva, v jej kvalite, či podobne, u tokých náročných výrobkov akými sú výsledné káblové impregnanty, ktorými sa práve má zabezpečiť bezporuchová prevádzková spoľahlivosť a dlhodobá životnosť u vysokonapäťových káblov po dlhé desaťročia, takéto zmeny sa prejavujú zvlášť ďalekosiahlymi dôsledkami a často rozohujú o technickej vhodnosti, alebo použiteľnosti daných impregnantov vôbec.

Jedným z najzákladnejších predpokladov úspešného riešenia je splnenie požiadavky na špecifické vlastnosti u surovinových zložiek impregnantu, a to zvlášť u podielu jeho rozhodujúcej zložky, ktorú tu tvorí izolačný olej. Potrebnú vysokú kvalitu a špecifické chemické zloženie tejto zložky doteraz prakticky zabezpečuje iba špecifický rafinačný postup, kde sa izolačný olej získava kyselinovou rafináciou z minerálneho oleja. Len týmto spôsobom sa totiž v rafináte v dostatočnej miere zníži aj obsah takzvaných olejových živíc, t.j. veľmi viskózných až plastických látok, tvoriacich prirodzenú, ale pre daný účel nežiaducu súčasť olejov, ktorých molekulová hmotnosť sa mení v širokých hraniciach. Olejové živice majú výrazný aromatický charakter, pomer obsahu uhlíka k vodíku sa v nich pohybuje od 7,5 do 10. Ide tu o polycyklické kondenzované štruktúry s 5 až 6 kruhmi, z toho 2 až 3 aromatickými, na ktorých sú alifatické substituenty.

Zo závažných ekologických, technických aj ekonomických dôvodov sa v celosvetovom merítku nutne musí upúšťať od kyselinovej rafinácie, pričom ale použiteľné ostatné rafinačné spôsoby, napríklad hydrogenáciou, adsorpciou a podobne, bežným postupom už nezabezpečujú vhodné chemické zloženie izolačného oleja pre jeho využiteľnosť ako zložky zmesného káblového impregnantu olejového typu. Hoci samotné izolačné oleje aj takýchto typov vykazujú v globále prípadne i dostatočné elektroizolačné vlastnosti a tieto sú vhodné pre všeobecné použitie, pre zvýšený obsah, t. j. 0,5 až niekoľko hmotnostných percent olejových živíc v nich, ktorý podiel v nich zostáva bez ohľadu na to, či ide o rafinát získaný z minerálnych olejov naftenického, alebo parafinického typu, prakticky vylučuje možnosť ich uplatnenia ako použiteľnej zmesnej zložky, izolačného oleja potrebného pre káblové impregnanty. Dôvodom tohto je tu zrejme okolnosť negatívneho pôsobenia interakcií u štruktúrnych zložiek z olejových živíc so zložkami z ostatných podielov zmesného impregnantu, napríklad ich interakcie s éterickými olejmi a s oxidačnými splodinami živičných kyselín kolofónie, či podobne.

Nevýhody doterajšieho stavu odstraňujú sa podľa vynálezu riešením, ktoré je charakterizované tým, že káblový impregnant je homogenizovanou zmesou zložiek, kde 40 až 98 hmotnostných percent zmesného podielu tvorí elektroizolačný olej (A), ktorého obsah olejových živíc je 0,5 až 6 hmotnostných percent, pričom ďalšou zložkou zmesi je podiel 1 až 25 hmotnostných percent syntetickej živice (B), obsahujúcej vo svojej štruktúre nenasýtené väzby olefinického charakteru alebo aromatické štruktúry, prípadne oboje, a ďalšou podielovou zložkou zmesi je amorfný polypropylén (C) v množstve 1 až 35 hmotnostných percent,

ktorého bod mäknutia je najmenej 120 °C, a ktorý pritom obsahuje maximálne 30 hmotnostných percent stereoblokových a najviac 6 hmotnostných percent izotaktických štruktúr rozptýlených v ataktickom polyméri, pri stanovení tohoto obsahu Nattovou frakčnou analýzou ako časti, ktorá je nerozpustná v n-heptane pri laboratórnej teplote, a prípadnou ďalšou podielovou zložkou v zmesi je 25 až 55 hmotnostných percent mikrokryštalického vosku (D), výhodne cerezínu pre elektrotechnické účely, ktorého bod skvapnutia podľa Ubbelohdeho je minimálne 75 °C.

V prípade zmesi obsahujúcej ako zložku mikrokryštalický vosk (D), vhodnou alternatívou riešenia je pritom taký impregnant, ktorý obsahuje aj podiel 1 až 5 hmotnostných percent polyolefinu (E), výhodne vysokotlakového polyetylénu s indexom toku taveniny 50 až 500 a hustotou maximálne 0,920 g/cm³.

Pri výrobe daného impregnantu postupným rozpúšťaním jeho zložiek, vhodným výrobným postupom je taký spôsob, kde sa najprv pripraví zmes oleja (A) a syntetickej živice (B) rozpustením živice v oleji pri 100 až 160 °C, a v tejto už zhomogenizovanej predzmesi sa buď v pevnom, alebo roztavenom stave rozpúšťa amorfný polypropylén (C) pri teplote 120 až 170 °C.

V prípade zmesí s podielovými zložkami mikrokryštalického vosku a prípadného podielu aj polyolefinu ide pritom o nestekavý typ príslušného impregnantu. Spomenuté zložky sa do zmesi integrujú až v poslednom poradí, pričom polyolefin až nakoniec.

Riešením podľa vynálezu sa dosahujú také funkčné vlastnosti u výsledných káblových impregnantov, ktoré sa na základe doterajších skúseností, a ani na základe znalostí o vlastnostiach jednotlivých zložiek nedali predpokladať. — Nezávisle od typu a charakteristického chemického zloženia rozhodujúcej zmesnej zložky káblového impregnantu, menovite nezávisle od zvýšeného obsahu olejových živíc v izolačnom oleji sa nachádzajúcich, t. j. nezávisle od technologického spôsobu výroby rafinátu — potrebného izolačného oleja ako takého, tento olej v danej kombinácii zmesných zložiek nielenže nevyklučuje, resp. negatívne neovplyvňuje elektrické vlastnosti a stabilitu výsledného impregnantu, ale naopak, až pomocou takéhoto doteraz nevhodného druhu rafinátu sa umožňuje dokonca dosiahnuť u výsledného káblového impregnantu zlepšené elektrické vlastnosti a zmesný produkt ako taký vykazuje aj zvýšenú oxidačnú stabilitu, pre proces výroby zvlášť dôležitú. — Pre dosiahnutie pozitívnych výsledkov je dôležité z technického a technologického hľadiska, aby sa pri príprave zmesného impregnantu jednotlivé zložky pridávali v stanovenom poradí, t. j. len postupne a do základnej predzmesi pripravenej zo špecifikova-

ných a vymedzených homogenizovaných podielov izolačného oleja so syntetickou živinou, čím sa nielen urýchlí homogenizácia zložiek, ale sa zvýši aj stabilita impregnantov.

V dôsledku elektrického namáhania káblov v prevádzke dochádza v izolácii k čiastkovým výbojom a ionizácii, čo spôsobuje rozklad uhľovodíkov sprevádzaný vývojom plynov, prevažne vodíka a ľahkých uhľovodíkov. Ak impregnant nemá dostatočnú schopnosť vzniknuté plyny pohlcovať, hromadia sa tieto v izolácii, a keďže kábel je v podstate uzavretý systém, intenzita ionizácie narastá a dochádza až k elektrickému prerezu kábla. Impregnant podľa vynálezu má zvýšenú schopnosť pohlcovať plyny vzniknuté rozkladom uhľovodíkov pri elektrickom namáhaní, čím zabezpečuje aj po stránke tohto podstatne zlepšené funkčné vlastnosti. V porovnaní s doterajším stavom, sledovaním rýchlostných konštánt pohlcovania plynov pri 80 °C v prostredí vodíka, pri napätí 16 kV a odpovedajúcej intenzite elektrického poľa $E_{\max} \sim 4,3$ kV/mm, namerané hodnoty poukazujú v danom smere na možnosť dosiahnutia u tohto parametru zlepšenia o cca 30 až 125 %.

Dané riešenie umožňuje pritom výrobu káblových impregnantov aj z takých olejových rafinátov, ktoré v dôsledku nízkeho obsahu aromatických uhľovodíkov samotné nie sú schopné ani pohlcovať vzniknuté plyny a nie sú schopné v roztoku ani udržať zložku, ktorá by túto vlastnosť u výsledného impregnantu zabezpečila. — V širších súvislostiach riešenie podľa vynálezu značne prispieva k tomu, že umožňuje eliminovať jeden z veľmi naliehavých svetových problémov, vznik kyslých gudronov ako odpadu pri doteraz potrebnej kyselinovej rafinácii olejovej zložky, nahradením tejto technológie inými, máloodpadovými alebo aj bezodpadovými rafinačnými spôsobmi.

Vlastnosti káblových impregnantov podľa vynálezu sa overili meraniami ich fyzikálno-chemických a dielektrických vlastností. Namerané hodnoty a dlhodobé skúšky ukázali, že riešenie v plnej miere vyhovuje daným požiadavkám.

Príklad 1

K 91 hmotnostným dielom elektroizolačného oleja s viskozitou pri 50 °C 314 mm² s⁻¹, v ktorom obsah olejových živíc stanovený podľa ČSN 65 6252 bol 2,32 hmotnostných percent, zohriateho na 120 °C, sa pridali za miešania 4 hmotnostné diely syntetickej živice indén — kumarónového typu, a po dohriatí na 160 °C 5 hmotnostných dielov amorfného polypropylénu s bodom mäknutia krúžok — guľôčka podľa ČSN 65 7060 144 stupňov Celsia a obsahom 3,39 hmotnostných percent stereoblokov a izotaktiky, stanovených Nattovou frakčnou analýzou ako

podiel nerozpustný v n-heptáne pri laboratórnej teplote.

Impregnačná hmota — impregnant, vykázal po zhomogenizovaní pri 50 °C hodnotu viskozity $1380 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, pri 100 °C hodnotu $77 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$. Stratový činiteľ v pôvodnom stave pri 100 °C a 50 Hz mal hodnotu 0,0221 a merný vnútorný odpor pri 100 °C $8,7 \cdot 10^9 \text{ ohm} \cdot \text{m}$. Po umelom starnutí podľa ČSN 65 6846 stratový činiteľ pri 100 °C a 50 Hz mal hodnotu 0,0460 a merný vnútorný odpor pri 100 °C vykázal hodnotu $4,1 \cdot 10^9 \text{ ohm} \cdot \text{m}$.

Získaný zmesný káblový impregnant sa aplikoval na 22 kV silnoprúdové káble s papierovou vrstvenou izoláciou.

Príklad 2

K 65 hmotnostným dielom káblového impregnantu pripraveného pracovným postupom ako v príklade 1, ktorý obsahoval 82 hmotnostných percent elektroizolačného oleja, 8 hmotnostných percent syntetickej živice a 10 hmotnostných percent amorfného polypropylénu, špecifikovaných v príklade 1, postupne sa pri teplote 130 °C a za stáleho miešania pridalo 35 hmotnostných dielov cerezínu 80 podľa GOST 2488—73, ktorý mal bod skvapnutia podľa Ubbelohdeho 80 stupňov Celsia, merný vnútorný odpor pri 100 °C $1,3 \cdot 10^{10} \text{ ohm} \cdot \text{m}$, pričom miešanie sa vykonávalo až do zhomogenizovania zložiek.

Vyrobený nestekajúci káblový impregnant mal bod skvapnutia podľa Ubbelohdeho 73 stupňov Celsia a viskozitu pri 100 °C 29,8 mPa.s. Hodnota stratového činiteľa v pôvodnom stave pri 100 °C a 50 Hz bola 0,02649, merný vnútorný odpor pri 100 °C dosahoval hodnotu $9,3 \cdot 10^9 \text{ ohm} \cdot \text{m}$. Po umelom starnutí podľa ČSN 65 6846 hodnota stratového činiteľa pri 100 °C a 50 Hz bola 0,03559 a merný vnútorný odpor pri 100 °C dosahoval hodnotu $7,8 \cdot 10^9 \text{ ohm} \cdot \text{m}$.

Získaný káblový impregnant nestekajúceho typu sa použil pri výrobe 35 kV silno-

prúdových káblov s vrstvenou papierovou izoláciou, určených pre zvislú inštaláciu, alebo pre trasy s výškovými rozdielmi bez obmedzenia.

Príklad 3

K 63,5 hmotnostným dielom káblového impregnantu pripraveného pracovným postupom ako v príklade 1, ktorý obsahoval 82 hmotnostných percent elektroizolačného oleja, 8 hmotnostných percent syntetickej živice a 10 hmotnostných percent amorfného polypropylénu, špecifikovaných v príklade 1, pri teplote 130 °C sa postupne a za stáleho miešania pridalo 35 hmotnostných dielov cerezínu 80 podľa GOST 2488—73, ktorý mal bod skvapnutia podľa Ubbelohdeho 80 stupňov Celsia a merný vnútorný odpor pri 100 °C $1,3 \cdot 10^{10} \text{ ohm} \cdot \text{m}$, pričom nakoniec sa pridal aj podiel 1,5 hmotnostných dielov polyetylénu typu Bralen SA—200, ktorý mal index toku taveniny 208,3 a hustotu $0,916 \text{ g/cm}^3$. Teplota 130 °C sa udržiavala až do zhomogenizovania zložiek.

Pripravený nestekajúci káblový impregnant mal bod skvapnutia podľa Ubbelohdeho 82 °C a viskozitu pri 100 °C 41,6 mPa.s. Hodnota stratového činiteľa v pôvodnom stave pri 100 °C mal hodnotu $7,1 \cdot 10^9 \text{ ohm} \cdot \text{m}$. Po umelom starnutí podľa ČSN 65 6846 hodnota stratového činiteľa pri 100 °C a 50 Hz bola 0,05121 a merný vnútorný odpor pri 100 °C mal hodnotu $4,2 \cdot 10^9 \text{ ohm} \cdot \text{m}$.

Získaný nestekajúci káblový impregnant sa aplikoval u 22 a 35 kV silnoprúdových káblov klasickej konštrukcie, ktoré boli určené pre zvislú inštaláciu, alebo pre trasy s výškovými rozdielmi bez obmedzenia v prevádzkových podmienkach, kde dochádza aj ku krátkodobým preťaženiam a k prekročeniu povolených maximálnych pracovných teplôt.

Riešenie podľa vynálezu možno využiť v kábelovniach, pri výrobe silnoprúdových káblov klasickej konštrukcie do 35 kV.

PREDMET VYNÁLEZU

1. Zmesný elektroizolačný káblový impregnant olejového typu na báze rafinátov minerálneho oleja, vhodný pre impregnáciu papierovej izolácie vysokonapäťových silnoprúdových káblov, vyznačujúci sa tým, že káblový impregnant je homogenizovanou zmesou zložiek, kde 40 až 98 hmotnostných percent zmesného podielu tvorí elektroizolačný olej (A), ktorého obsah olejových živíc je 0,5 až 6 hmotnostných percent, pričom ďalšou zložkou zmesi je podiel 1 až 25 hmotnostných percent syntetickej živice (B), obsahujúcej vo svojej štruktúre nenasýtené väzby olefinického charakteru, alebo aromatické štruktúry, prípadne oboje, a ďalšou podielovou zložkou zmesi je amorfný poly-

propylén (C) v množstve 1 až 35 hmotnostných percent, ktorého bod mäknutia je najmenej 120 °C, a ktorý pritom obsahuje maximálne 30 hmotnostných percent stereoblockových a najviac 6 hmotnostných percent izotaktických štruktúr rozpätých v ataktickom polyméri, pri stanovení tohoto obsahu Nattovou frakčnou analýzou ako časti, ktorá je nerozpustná v n-heptane pri laboratórnej teplote, a prípadne ďalšou podielovou zložkou v zmesi je 25 až 55 hmotnostných percent mikrokryštalického vosku (D), výhodne cerezínu pre elektrotechnické účely, ktorého bod skvapnutia podľa Ubbelohdeho je minimálne 75 °C.

2. Zmesný elektroizolačný káblový impregnant podľa bodu 1, v prípade zmesi obsahujúcej ako zložku mikrokryštalický vosk (D), vyznačujúci sa tým, že impregnant obsahuje aj podiel 1 až 5 hmotnostných percent polyolefínu (E), výhodne vysokotlakového polyetylénu s indexom toku taveniny 50 až 500 a hustotou maximálne 0,920 g/cm³.

3. Spôsob výroby zmesného elektroizolač-

ného káblového impregnantu podľa bodov 1, 2 postupným rozpúšťaním zložiek, vyznačujúci sa tým, že sa najprv pripraví zmes oleja (A) a syntetickej živice (B) rozpustným živice v oleji pri 100 až 160 °C, a v tejto už zhomogenizovanej predzmesi sa buď v pevnom, alebo roztavenom stave rozpúšťa amorfný polypropylén (C) pri teplote 120 až 170 °C.