



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENÍU

202905
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
H 01 G 5/22

(22) Prihlášené 13 07 78
(21) (PV 4673-78)

(40) Zverejnené 31 03 80

(45) Vydané 15 11 82

(75)
Autor vynálezu

POLJAK FRANTIŠEK doc. ing. CSc., NEPRAŠ IVAN ing. CSc.,
ĐURMAN VLADIMÍR ing., MINCA JÁN ing. CSc., ROŠKOVÁ
MIROSLAVA ing., BRATISLAVA, GRUS ZDENĚK ing., JABLONNÉ
NAD ORLICÍ, HRÁNAI JOZEF ing., MACKO LADISLAV ing. a
PROKEŠ JOZEF ing. CSc., BRATISLAVA

(54) Elektrický kondenzátor, najmä výkonového typu

1

Predmetom vynálezu sú elektrické kondenzátory, najmä výkonového typu, ktorých kvapalným izolantom, tvoriacim impregnant tuhého dielektrika je zmesný produkt na báze minerálneho izolačného oleja. Účelom vynálezu je zlepšenie technických a technologických parametrov u týchto kondenzátorov, najmä u výkonových typov, zvýšenie ich životnosti a prevádzkovej spoľahlivosti spolu so zlepšením ich merných charakteristík, pričom výroba má byť jednoduchá, ekonomicky výhodná a ekologicky nezávadná.

Okrem rôznych druhov kondenzátorov s klasickým papierovým dielektrikom a olejovým impregnantom, ktorých určité nesporné prednosti, ale aj rôzne nedostatky, sú všeobecne známe. Vyrábajú sa aj typy so špeciálnymi tuhými dielektrikami a kvapalnými impregnátami, kde kvapalnú izolačnú zložku tvoria aj syntetické kvapaliny, zmes týchto s podielom minerálneho oleja, prípadne zmesi s rôznymi polymérnymi prísadami, ktoré sa tu používajú hlavne pre ich účinky znižujúce povrchové napätie kvapalného systému, pre zvýšenie rázovej elektrickej pevnosti, stability pri dlhodobom tepelno-napäťovom zaťažení, pre zvýšenie znášanlivosti, zníženie interakcií s tuhým zložením izolácie v prípade niektorých tuhých

2

dielektrík zo syntetických fólií. Nedostatkom u týchto riešení však zostáva okolnosť, že ich uplatnením sa darí dosahovať požadované zlepšenie pre potreby praxe len v nedostačujúcej miere, zlepšenia sú iba čiastočné, jednostranné a prevažne sú spojené so súčasným zhoršením iných dôležitých vlastností alebo parametrov, pričom aj súčasne technológia výroby sa tu podstatne stáva náročnejšou, technicky, technologicky aj ekonomicky sa stáva menej efektívnou. Uvedené skutočnosti viedli k tomu, že sa hľadali a začali uplatňovať ďalšie riešenia, pričom možno konštatovať, že v súčasnosti sa v dôsledku uvedeného stali jedným z najrozšírenejších druhov hlavne u výkonových kondenzátorov tie typy, kde namiesto oleja kvapalnú izolačnú zložku tvoria impregnanty na báze stabilizovaných chlórovaných difenylov. U týchto druhov sa prejavujú určité nesporné prednosti a výhody. Je to hlavne v dôsledku nehorľavosti ich impregnačnej zložky, jej vyššej permitivity, chemickej stability, a pritom i cena tejto zložky je relatívne výhodná. Podstatným nedostatkom je tu však okolnosť ekologickej závadnosti tejto impregnačnej zložky, jej sklon k tvorbe produktov rozkladu pri pôsobení častkových výbojov, ďalej nevhodnosť pri výrobe samoregeneračných kondenzátorov,

ako aj nevhodnosť a nemožnosť uplatnenia v prípade kombinácie s niektorými používanými tuhými dielektrikami zo syntetických fólií, plastov, napr. polystyrénových, polykarbonátových a iných druhov.

Nevýhody doterajšieho stavu sa odstraňujú riešením podľa vynálezu, ktorého podstata spočíva v tom, že kvapalným izolantom tuhého dielektrika je zmesný impregnant z minerálneho izolačného oleja, výhodne oleja kondenzátorového, viskozita ktorého pri 20 °C je 20 až 100 mm² s⁻¹, bod tuhnutia maximálne -30 °C, hodnota stratového činiteľa pri 20 °C maximálne 0,0012, a pritom obsahuje ako zmesnú zložku podiel 0,1 až 75 hmotnostných percent produktu polymerizácie alebo oligomerizácie propénu, molekulová hmotnosť ktorého je 168—3000, viskozita pri 100 °C 4 až 50 mm² s⁻¹, hustota pri 20 °C 0,815 až 0,940 g/cm³, elektrická pevnosť minimálne 20 kV/mm a hodnota stratového činiteľa pri 90 °C maximálne 0,002.

Riešením podľa vynálezu sa účinne eliminujú nepriaznivé vlastnosti a účinky v izolačnom systéme kondenzátorov známych klasických aj špeciálnych prevedení, ku ktorým tu dochádza v dôsledku pôsobenia produktov rozpadu, hlavne vodíka. Umožňuje sa dosiahnuť zvýšenie hodnôt pracovnej intenzity elektrického poľa a zlepšenie merných charakteristík kondenzátorov, spojené so zvýšením ich životnosti a prevádzkovej spoľahlivosti. U tuhej zložky izolantu, dielektrika kondenzátoru, sa dosahuje dokonalé preimpregnovanie ekologicky nezávadnou zložkou, stratový činiteľ ktorého je menší ako 1 · 10⁻² pri 90 °C. V dôsledku dosahovanej relatívnej permitivity je daná možnosť produkcie kvalitných kondenzátorov aj s dielektrikami, ktorých tuhá zložka izolantu je zo syntetických fólií, napríklad z polyetylénu, polypropylénu, polykarbonátu, alebo aj iných materiálov a ich kombinácií.

Výroba kondenzátorov podľa vynálezu je konštrukčne, materiálove, technologicky aj prevádzkovo výhodná, jednoduchá, ekonomická. Možnosť uplatnenia riešenia podľa vynálezu je v širokej miere univerzálna, je daná rovnako pre kondenzátory výkonové, ako aj pre takzvané odrušovacie, impulzné, vysokofrekvenčné, pomocné štartovacie, resp. aj pre väčšinu špeciálnych vyhotovení, ktoré majú pracovať v intervale teplôt od -40 do +90 °C v celej šírke spektra technicky používaných frekvencií.

Predpokladaným priamym využívatelom vynálezu je odbor elektrotechnickej výroby produkujúci elektrické kondenzátory. Dostupnosť materiálov potrebných pre realizáciu nových typov kondenzátorov je daná bezprostredne, materiály sú k dispozícii za výhodných podmienok, v dostatočných množstvách a v potrebnej kvalite.

Príklad

Na overenie riešenia podľa vynálezu sa najskôr hodnotili samotné kvapalné impregnanty pre uvažované typy kondenzátorov, a to konkrétne

impregnant 1: minerálny kondenzátorový olej, viskozita ktorého pri 20 °C bola 30,7 mm² s⁻¹, bod tuhnutia -45 °C, hodnota stratového činiteľa pri 20 °C 0,0012 a hustota pri 20 °C 0,8920 g/cm³;

impregnant 2: polypropylénový olej s priemernou molekulovou hmotnosťou 600, s viskozitou pri 100 °C 16,9 mm² s⁻¹, s hustotou pri 20 °C 0,8437 g/cm³, s elektrickou pevnosťou 20,8 kV/mm a s hodnotou stratového činiteľa pri 90 °C 0,00018;

impregnant 3: zmes 25 hmot. % impregnantu 1 a 75 hmot. % impregnantu 2, aditívovaná 0,3 hmot. % antioxidantu 4 K — 2,6-di-tercbutyl-p-krezolu;

impregnant 4: zmes 75 hmot. % impregnantu 1 a 25 hmot. % impregnantu 2.

Fyzikálno-chemické a dielektrické vlastnosti týchto impregnantov, ktoré sa v danej súvislosti zistili, v ďalšom sa uvádzajú v poradí pre impregnant 1 — 2 — 3 — 4. Sú to kinematická viskozita pri 20 °C [mm² s⁻¹]: 30,7 — 120,7 — 390,7 — 65,1; hustota d₂₀ [g/cm³]: 0,8920 — 0,8437 — 0,8546 — 0,9785; bod vzplanutia v uzavretom kelímku PM [°C]: 149 — 129 — 138 — 145; stratový činiteľ [tg delta · 10²]: 2,7865 — 0,01833 — 0,0920 — 1,0550; merný vnútorný odpor [Ohm · m] · 10¹⁰: 1,262 — 26,77 — 23,15 — 4,783; po starnutí za prístupu vzduchu pri 80 °C po dobu 400 hodín — stratový činiteľ [tg delta · 10²]: 4,1813 — 0,052 — 0,0482 — 1,426; merný vnútorný odpor [Ohm · m] · 10¹⁰: 0,4489 — 1079,6 — 157,86 — 1,4414. Hodnoty elektrických vlastností, tak v pôvodnom stave ako aj v stave po starnutí boli pritom zisťované pri 90 °C 50 Hz.

Z porovnania fyzikálno-chemických vlastností hodnotených impregnantov vidieť, že k vlastnostiam čistého minerálneho oleja, impregnantu 1, sa najviac blížila vlastnosť impregnantu 3 a 4, ktoré sú navrhované pre riešenie kondenzátorov podľa vynálezu. Vyplýva tu možnosť dobrého preimpregnovania bez nutnosti zmeny technológie výroby kondenzátorov a bez zmeny u impregnačnej stanice. Okrem toho sa tu priaznivo prejavujú aj zlepšené elektrické vlastnosti, a to nielen v pôvodnom stave, ale aj po starnutí.

V ďalšom sa pristúpilo k overeniu už funkčných vlastností priamo na modelových kondenzátoroch, kapacita ktorých bola pri-

bližne 10^{-6} a pritom s každým impregnan-
tom sa pre hodnotenie použili náhodné vý-
bery $n = 14$ kondenzátorov — séria 1 až 4.
Na týchto výberoch sa u nových kondenzá-
torov sledovali predovšetkým hodnoty ioni-
začného prahu — počiatočného napätia
ionizácie U_{ion} , ako miery preimpregnovania
kondenzátorového zvitku, ďalej hodnoty
prierazového napätia kondenzátorov U_{pr} ,
ktoré limitujú veľkosť prevádzkového napä-
tia. Okrem toho sa na rovnakých výberoch
 $n = 14$ kondenzátorov u všetkých štyroch
sérií sledovali zmeny stratového činiteľa tg
 δ , ku ktorým došlo po 38dňovom cykle
urýchleného starnutia pri teplote $80^\circ C$ a pri
pripojenom jednosmernom napätí o veľkosti
2 kV, pričom sa registroval počet modeló-
vých kondenzátorov, u ktorých počas cyklu
urýchleného starnutia došlo k prierazu.

Výsledky, ktoré sa týmto spôsobom do-
siahli, uvádzajú sa ďalej opäť v poradí da-
ných jednotlivých sérií kondenzátorov 1 —
2 — 3 — 4. Stredné hodnoty počiatočného
napätia ionizácie U_{ion} [kV]: 3,43 — 3,15 —
3,93 — 4,42; prierazové napätie U_{pr2} [kV]:
4,79 — 3,98 — 4,61 — 4,73; stratový činiteľ
 $tg \delta \cdot 10^2$ pri $60^\circ C$: 0,056 — 0,088 —
0,063 — 0,087. Uvedené hodnoty sa vzťahujú
na pôvodný stav. Stredné hodnoty stavu po
38 dňoch urýchleného starnutia pri $80^\circ C$
pri pripojenom jednosmernom napätí 2 kV
boli u stratového činiteľa $tg \delta \cdot 10^2$ pri
 $60^\circ C$: 0,110 — 0,132 — 0,092 — 0,124; počet
prerazených kondenzátorov v jednotlivých
sériách: 8 — 4 — 2 — 0.

Z komplexného porovnania údajov vidieť
priaznivý vplyv prejavujúci sa u kondenzá-
torov so zmesnými impregnantami podľa vyná-
lezu, a to v smere zvýšenej životnosti
týchto kondenzátorov, pričom tento vplyv je
optimálny zvlášť u riešenia podľa vynálezu
pri aplikácii impregnanu 4 a príslušnej
kondenzátorovej série 4.

Stredná hodnota počiatočného napätia
ionizácie U_{ion} modelových kondenzátorov
série 1 bola 3,43 kV so smerodajnou od-
chýlkou 1,23 kV. U modelových kondenzáto-
rov série 4 bola táto hodnota 4,42 kV so
smerodajnou odchýlkou 0,41 kV. Nastalo
teda nielen zvýšenie sledovaného znaku, ale
aj jeho stabilizácia vyjadrená podstatne niž-
šou smerodajnou odchýlkou sledovaného
znaku. V dôsledku toho ionizácia vo zvitku
bola menšia, nedochádzalo k výraznejšej
deštrukcii dielektrika a k zhoršeniu jeho

vlastností, ktoré sú vyjadriteľné životnosťou
kondenzátora. Navyiac možno vyvodzovať, že
dvojnásobné väzby v štruktúre molekúl polypro-
pylénového oleja prispievali v zmesi k via-
zaniu plynov vzniknutých pri náhodnej ioni-
zácii, napr. prepätím a podobne, takže po-
diel polypropylénového oleja v impregnante
je z tohto hľadiska aj priamo jeho stabili-
zátorom.

Stredná hodnota prierazového napätia U_{pr}
u sérií 1 a 4 sa prakticky nelíšia: 4,79 a
4,73 kV. Avšak pri štatistickom spracovaní
hodnôt výsledkov U_{pr} boli vypočítané hod-
noty, pod ktoré, pri zvolenej hladine vý-
znamnosti 0,01, kde riziko nesprávnosti vý-
povede je 1 %, poklesne najviac 1 % hod-
nôt u sledovaných kondenzátorov. V prípa-
de série 1 je kritická minimálna hodnota
vyjadrená ako 0,97 kV, v prípade série 4
je táto hodnota podstatne vyššia, až 3,65 kV.
Riziko prierazu kondenzátora v pracovnom
režime teda podstatne pokleslo a jeho pre-
vádzková spoľahlivosť sa značne zvýšila.

Tieto vývody potvrdili merania životnosti
kondenzátorov metódou urýchleného star-
nutia, ktorými sa dokázala podstatne dlhšia
životnosť kondenzátorov riešených podľa vyná-
lezu oproti kondenzátorom s impregnan-
tom len z minerálneho oleja alebo len z po-
lypropylénového oleja. Tento fakt dokumen-
tuje počet modelových kondenzátorov, kto-
ré sa počas cyklu urýchleného starnutia
prerazili z celkového počtu 14 náhodného
výberu. V prípade série 1 došlo k prierazu
u 8 kondenzátorov, ale u série 4 nedošlo
k prierazu ani u jedného kondenzátora.
U kondenzátorov série 2 nedošlo k dobrému
preimpregnovaniu zvitkov, čo sa preja-
vilo v porovnaní s kondenzátormi série 3 a
4 jednak nižšími hodnotami stredných hod-
nôt prierazového napätia U_{pr} , 4,61 kV u sé-
rie 3 a 3,98 kV u série 2, a jednak nižšími
hodnotami stredných hodnôt počiatočného
napätia ionizácie U_{ion} , 3,93 kV u série 3 a
3,15 kV u série 2. Namerané parametre boli
tým nepriaznivejšie, čím vyššiu viskozitu mal
kvapalný impregnant, a tento nepriaznivý
vplyv sa prejavil zvýšeným počtom preraze-
ných kondenzátorov, 4 kusy zo série 2 a
2 kusy zo série 3. Kapacita kondenzátorov,
ktoré po 38dňovom namáhaní zostali ne-
porušené, sa oproti pôvodnému stavu prak-
ticky nezmenila.

PREDMET VYNÁLEZU

Elektrický kondenzátor, najmä výkonového typu, kde kvapalným izolantom tvoriacim impregnant tuhého dielektrika je zmesný produkt na báze minerálneho oleja, vyznačujúci sa tým, že kvapalným izolantom tuhého dielektrika je zmesný impregnant z minerálneho izolačného oleja, výhodne oleja kondenzátorového, viskozita ktorého pri 20 °C je 20 až 100 mm²s⁻¹, bod tuhnutia maximálne -30 °C, hodnota stratového čini-

teľa pri 20 °C maximálne 0,0012, a pritom obsahuje ako zmesnú zložku podiel 0,1 až 75 hmotnostných percent produktu polymerizácie alebo oligomerizácie propénu, molekulová hmotnosť ktorého je 168 až 3000, viskozita pri 100 °C 4 až 50 mm²s⁻¹, hustota pri 20 °C 0,815 až 0,940 g/cm³, elektrická pevnosť minimálne 20 kV/mm a hodnota stratového činiteľa pri 90 °C maximálne 0,002.