

Vliv solné mlhy a teploty na elektrické vlastnosti laminátů

Gabriela Morwitzová

Katedra technologií a měření, Západočeská univerzita v Plzni

The influence of salt-fog and temperature on the electrical properties of laminates

Abstract

The investigation of environment influence onto each system is important discipline. The knowledge of environment influence on the properties of materials is important by reason of correct function of systems. Materials, which are used in electrical engineering such as insulating and construction materials, are subjected a number of factors. This thesis describes the influence of salt-fog and temperature on the electrical properties of laminates.

Keywords

Laminates, FR-4, Relanex, Relastik, loss factor, salt-fog, temperature

Úvod

Zkoumání vlivu prostředí na jakýkoliv systém je jednou z nejdůležitějších disciplín. Pro správnou funkci a pokud možno bezporuchový provoz daného systému je nutné znát, do jaké míry prostředí, v němž se daný systém nachází, ovlivňuje jeho vlastnosti. Materiály používané v elektrotechnice jako elektroizolační a konstrukční materiály jsou vystaveny celé řadě faktorů, které vyvolávají změny struktury i vlastností. Tento článek se zabývá vlivem solné mlhy a teploty na elektrické vlastnosti laminátů.

Vliv soli na izolanty

Soli se vyskytují v ovzduší buď ve tvaru drobných kapiček aerosolu, nebo ve tvaru krystalickém jako drobné krystalky promíchané s prachem nebo nalepené na prachové částice. Na elektroizolačních částech vytváří roztok NaCl povrchové vodivé cesty, a to již při relativní vlhkosti 70 %. V průmyslových závodech se vyskytují kromě NaCl ještě další soli, jejichž působení na elektrická zařízení se musí zjišťovat případ od případu.

Znečištění ovzduší solemi má vliv především na urychlení koroze povrchu izolantů. Roztoky solí chemicky napadají povrchy izolantů. Tyto povrchy se zdrsňují a v nerovnostech povrchu dochází, při nižším relativním tlaku, ke kondenzaci vodních par v kapalnou vodu. Nerovnosti povrchu vyplněné kapalnou vodou spolu se solí vytvoří vodivý elektrolyt.

Korozí a zdrsňováním povrchu izolantu se proto zmenšuje jeho povrchový odpor, popřípadě se snižuje přesokové napětí. Pokud se ještě přidá zvýšená teplota, dojde nejen k urychlení průběhu korozních reakcí, ale i ke zvýšení množství solí ve vzduchu, neboť z kapiček mořské vody, roztrášených při přiboji, se voda odpařuje rychleji. A čím větší obsah solí je rozpuštěn ve vrstvičce vlhkosti ulpělé na povrchu izolantu, tím více se urychlí jejich koroze a zvýší se vodivost takto vzniklého elektrolytu.

Vliv teploty na izolanty

Teplota ovlivňuje vlastnosti materiálů ve všech etapách jeho existence, počínaje výrobou přes technologické zpracování až po období, kdy materiál plní svoji funkci v elektrickém zařízení. Při zjišťování odolnosti se zajímáme jak o vliv vyšších teplot, tak i nižších než je teplota okolního prostředí. Častý výskyt vysokých teplot vzduchu může vyvolávat pomalé a dlouho probíhající znehodnocování a to zvláště u izolačních systémů v elektrických zařízeních s vlastním podstatným provozním teplem.

Vysoká teplota vzduchu může na materiálech elektrických zařízení způsobit různé změny, patří mezi ně například měknutí nebo vytékání zalévacích hmot, zrychlené stárnutí izolantů, změny elektrických vlastností vodičů a izolantů, přehřátí elektrických strojů (v tropické oblasti je nutná regulace výkonu stroje), změny mechanických vlastností.

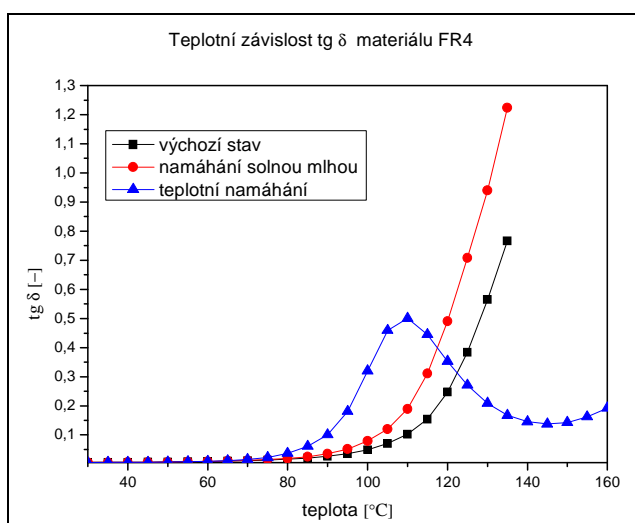
Zatímco tedy mezní teploty mohou vyvolat řadu různých druhů náhlých znehodnocení nadměrným atmosférickým oteplením, častý výskyt vysokých teplot vzduchu může způsobit znehodnocování funkcí zařízení. Stárnutí izolačních systémů, způsobené vysokými teplotami, se projevuje podstatně jen tehdy, pokud elektrické zařízení vytváří svou funkcí vlastní provozní teplo.

Experimentální část

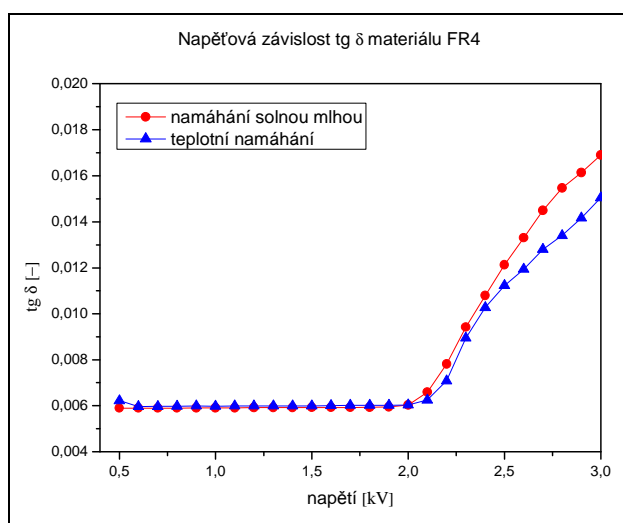
Pro ověření vlivu solné mlhy a zvýšené teploty na elektrické vlastnosti kompozitů byly použity 3 druhy materiálů – FR4, Relanex a Relastik. Na vzorcích proběhla měření ztrátového činitele v závislosti na teplotě a napětí. Pro stanovení vlivu těchto faktorů byly vzorky kondicionovány sedm dní v solné mlze a následně vystaveny teplotnímu stárnutí a to FR-4 po dobu 170 hodin, Relanex 48 hodin a Relastik 96 při teplotě 180 °C.

Expozice v solné mlze probíhala dle normy ČSN EN 60068-2-52, kde je určen 5 % roztok NaCl, kterým se postříkují vzorky vždy po dobu 2 hodin při teplotě 15 až 35 °C. Po postřiku se vzorky přenášejí do komory pro vlhké teplo, kde se uloží při teplotě 42 °C a relativní vlhkosti 93 %.

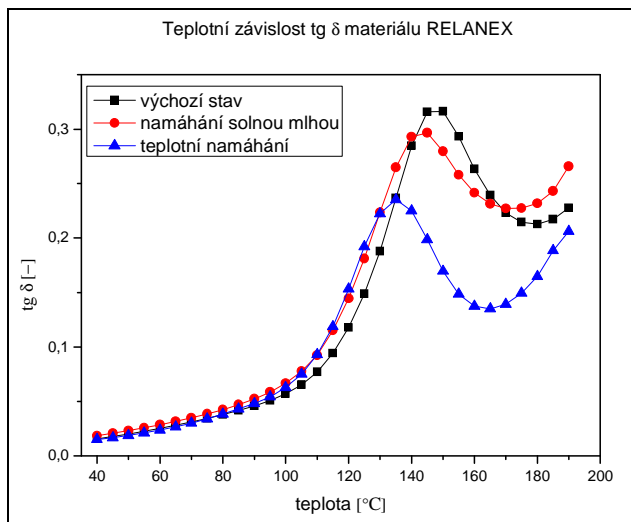
Po jednotlivých namáháních byly proměřovány jejich vlastnosti a výsledky měření jsou uvedeny na obrázcích 1 – 6.



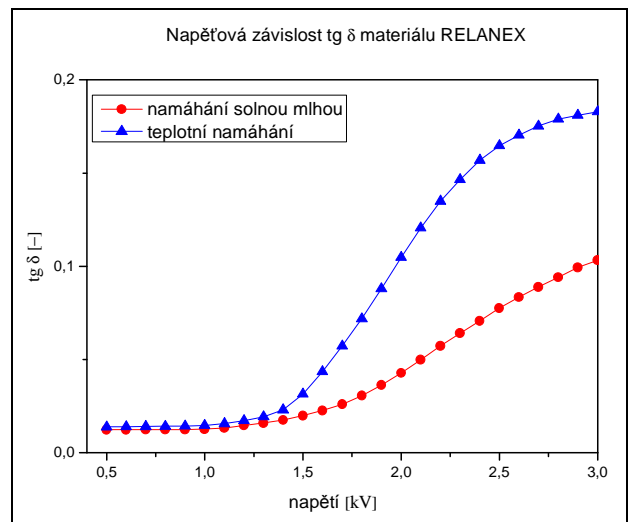
Obr. 1: Teplotní závislost ztrátového činitele pro FR4



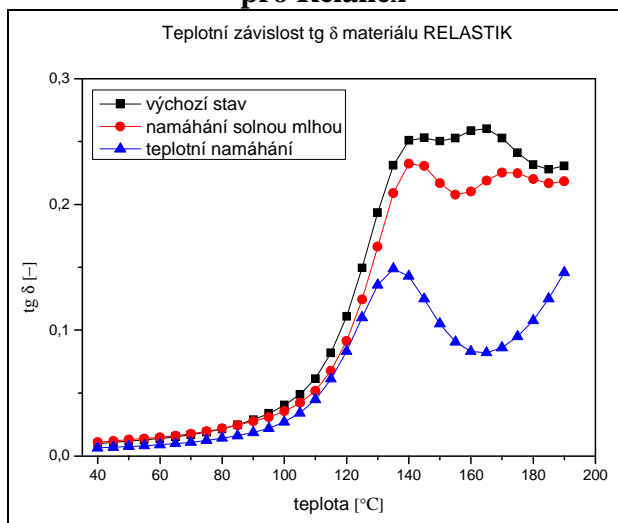
Obr. 2: Napěťová závislost ztrátového činitele pro FR4



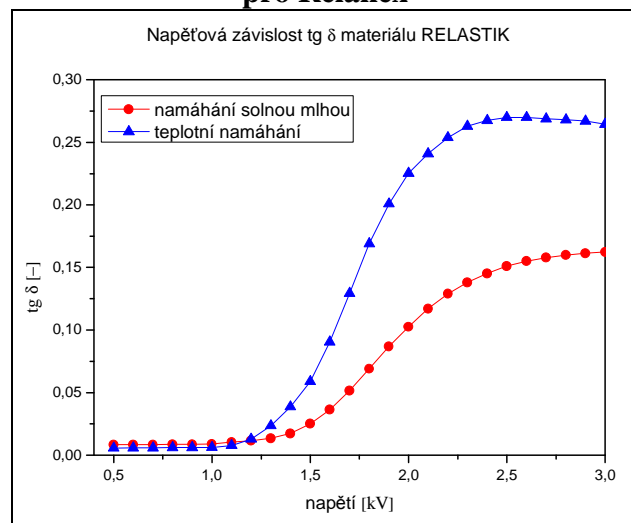
Obr. 3: Teplotní závislost ztrátového činitele pro Relanex



Obr. 4: Napěťová závislost ztrátového činitele pro Relanex



Obr. 5: Teplotní závislost ztrátového činitele pro Relastik



Obr. 6: Napěťová závislost ztrátového činitele pro Relastik

Diskuse výsledků

V grafech jsou zobrazeny závislosti ztrátového činitele na napětí a teplotě jednotlivých materiálů měřené pro výchozí stav, pak po namáhání solnou mlhou a po namáhání zvýšenou teplotou. Pokud se podíváme na graf závislosti ztrátového činitele na teplotě pro materiál FR4, je zde vidět že hodnota tangenty se po namáhání solnou mlhou zhoršila. Po teplotním namáhání se ztrátový činitel rovněž zvyšoval až do 110 °C, kdy dosáhl svého lokálního extrému. Za touto teplotou hodnoty tangenty začínají opět klesat a od teploty 125 °C se ztrátový činitel po teplotním namáhání snížil pod hodnotu, kterou měl před namáháním. U závislosti na napětí je do 2 kV hodnota ztrátového činitele kolem 0,0059 pro solnou mlhu a 0,006 pro teplotní namáhání. Od 2 kV křivky začínají stoupat, přičemž ztrátový činitel po teplotním namáhání vykazuje nižší hodnotu, než po solné mlze. Při napětí 3 kV dosahuje hodnota ztrátového činitele po solném namáhání 0,016 a po teplotním namáhání 0,015.

Podíváme-li se grafy pro materiál Relanex, je zde vidět že u závislosti na teplotě se ztrátový činitel po namáhání solnou mlhou zhoršuje od výchozího stavu jen do vrcholu lokálního extrému (tedy okolo 145 °C), poté se křivka dostává pod výchozí stav a od 170 °C se opět snižuje. Po teplotním namáhání se ztrátový činitel zvýšil jen v rozmezí

teplot od 80 do 130 °C, kde dosahuje lokálního extrému, a poté se jeho hodnota opět dostává níže, než je hodnota pro výchozí stav. Je zde také patrné, že po každém namáhání došlo k mírnému posunu lokálních extrémů. Po solné mlze se přesunul z teploty 150 °C a hodnoty tangenty 0,316 na 145 °C a hodnotu 0,296 a po teplotním namáhání na 135 °C na hodnotu 0,235. U napěťové závislosti se hodnota ztrátového činitele prakticky nemění do napětí 1,1 kV, kde se pro solnou mlhu hodnota tangenty drží na 0,012 a po tepelném namáhání na 0,013, je tedy mírně horší. Dále se pak křivky začínají ohýbat k vyšším hodnotám a při napětí 3 kV dosahují po solné mlze hodnot ztrátového činitele 0,1 a po tepelném namáhání 0,18.

Teplotní závislost ztrátového činitele materiálu Relastik ukazuje, že se po obou typech namáhání ztrátový úhel zlepšil. Výjimkou je pouze interval 40 ÷ 80 °C pro namáhání v solné mlze, kdy je tangenta mírně horší, než je výchozí stav (max. 9 %). U lokálního extrému pro solnou mlhu nedošlo k posunu oproti hodnotě výchozího stavu (140 °C). Pro teplotní namáhání došlo k mírnému posunu lokálního extrému na 135 °C. Napěťová závislost má podobný charakter jako u materiálu Relanex. Do napětí 1 kV je ztrátový činitel po solném namáhání vyšší než pak po teplotním. Dále opět dochází k rychlejšímu nárůstu ztrátového činitele a to u obou křivek při napětí 3 kV až na hodnoty 0,16 pro sůl a 0,26 pro zvýšenou teplotu.

Závěr

Na závěr můžeme říci, že pro teplotní závislost daných materiálů dochází na počátku ke zvýšení tangenty po expozici v solné mlze. Po teplotním namáhání se hodnota ztrátového činitele zlepšuje. Pro vyšší hodnoty teplot pak po obou typech namáhání dochází ke zmenšení ztrátového úhlu. U napěťové závislosti je vidět, že se pro FR4 po teplotním namáhání ztrátový činitel nejprve zhorší a dále při hodnotě 2 kV dochází ke zlepšení. U materiálu Relanex je ztrátový činitel vždy po teplotním namáhání vyšší než po solné mlze. A konečně u materiálu Relastik je hodnota ztrátového činitele po teplotním namáhání nižší než po solné mlze jen do hodnoty 1,2 kV.

Další postup by měl být zaměřen na vysvětlení, proč dochází ke zlepšení hodnot tangenty po namáhání, i když je zde předpoklad, že by solná mlha a zvýšená teplota měla spíše ztrátový činitel zhoršit. To bude zřejmě znamenat komplexní posouzení vlastností daných materiálů a provedení dalších experimentů.

Práce vznikla v rámci řešení výzkumného záměru MSM 4977751310 - Diagnostika interaktivních dějů v elektrotechnice - řešeného na pracovišti autorů.

Literatura

- [1] Kudláček, I.: Degradací procesy I. Praha, ČVUT, 1994.
- [2] Rychtera, M., Bartáková, B.: Tropikalizace elektrických zařízení. Praha, SNTL, 1960.
- [3] Kučerová, E.: Elektrotechnické materiály. Plzeň, ZČU, 2002.
- [4] Mentlík, V.: Dielektrické prvky a systémy. Plzeň, BEN, 2006.