

INFLUENCE OF CURING PARAMETERS ON THE PROPERTIES OF INSULATING VARNISHES

Jiří Paščínský

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpasci00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Zdenka Rozsivalová

E-mail: rozsiva@feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with properties of electroinsulating varnishes cured by UV radiation and temperature. To this purpose the samples of electro insulating varnishes and paint were investigated their influence on the dielectric properties depending on frequency. Experimental material is polyester resin DOLPHON XL 2109-UV.

Keywords: dielectric materials, complex permittivity, electroinsulating varnish, UV radiation

1. ÚVOD

Stále častěji se setkáváme s pojmem globální oteplování, které představuje nárůst průměrné teploty zemské atmosféry a oceánů. Takové změny mohou zvýšit četnost a intenzitu extrémních atmosférických jevů, jako jsou povodně, sucha, vlny veder i hurikány aj. To souvisí mimo jiné s vysokou spotřebou energie získávané i z fosilních paliv v některých průmyslových oborech. Mezi takové velké spotřebitele energie řadíme i lakovny. V poslední době je snaha od fosilních paliv ustupovat, především z důvodů ekologických. Toho lze dosáhnout, mimo jiné, právě snížením spotřeby energie náhradou konvenčních laků, vytvrzovaných teplem, za laky tvrditelné UV zářením.

2. TEORETICKÁ ČÁST

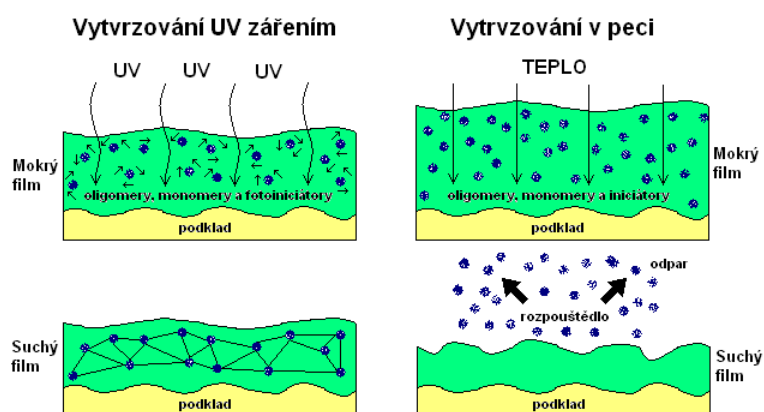
Elektroizolační laky tvoří důležitou součást elektrické izolace nejrůznějších dílů a součástí elektrotechnických zařízení. Jejich úkolem je vyplnění všech prázdných míst v izolaci elektrotechnických zařízení při impregnaci a vytvoření suchého lakového povlaku, tzv. filmu na povrchu. Tím se zlepší elektrická pevnost a tepelná vodivost izolace. Aby izolační lak plnil požadované funkce, musí vykazovat dobré vlastnosti mechanické, chemické i vlastnosti elektrické.

2.1. VYTVRZOVÁNÍ ELEKTROIZOLAČNÍCH LAKŮ

Převedení laku z kapalného do tuhého stavu, tzv. proces vytvrzování může probíhat různými způsoby. Nejčastěji jde o fyzikální a chemický způsob, při němž probíhají dva děje na sobě nezávislé. Nejprve se začínají odpařovat rozpouštědla a ředidla, ale ještě před jejich úplným odpařením začínou probíhat chemické reakce, které vedou ke zpevnění lakového filmu.

Obecně se tento proces skládá ze tří elementárních dějů, mezi které patří iniciace, propagace a terminace. Vytvrzování je iniciováno rozpadem iniciátorů na radikály nejčastěji vlivem zvýšené teploty (obrázek 1). Poté nastává propagace, při které dochází k reakci vzniklých radikálů s monomery a tudíž ke vzniku nekonečné síťové struktury. S rostoucím počtem molekul pevně k sobě vázaných v síti klesá množství dostupného monomeru a tím dochází k terminaci, nebo-li k ukončení reakce. Nejčastěji právě sloučením zbylých radikálů.

Iniciátory se rozkládají na radikály nejen působením tepelné energie, ale také účinkem UV záření. V tomto případě hovoříme o fotoiniaci a iniciátory jsou nahrazeny fotoiniciátory (obrázek 1).



Obrázek 1: Porovnání UV laků s konvenčními laky při procesu vytvrzování

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. ZKOUMANÝ VZOREK

Elektroizolační lak DOLPHON XL 2109-UV je jednosložková polyesterová pryskyřice s nízkou hodnotou dynamické viskozity. Je určen k impregnaci vinutí statorů, dle IEC normy, stejnosměrných motorů, bez vakua. Impregnace je prováděna máčením a zakapáváním stojících a rotujících vinutí při vyhřívání proudem. Mezi jeho vlastnosti patří velmi nízké emisní hodnoty během vytvrzování, dobrá přilnavost k podkladu a krátká doba vytvrzení (při 150 °C → 1 h.). Doporučený postup vytvrzení je stanoven na 20 - 30 minut při teplotě 170 – 180 °C s následným dotvrzením 10 - 20 minut UV zářením.

3.2. MĚŘICÍ A VYTVRZOVACÍ ZAŘÍZENÍ

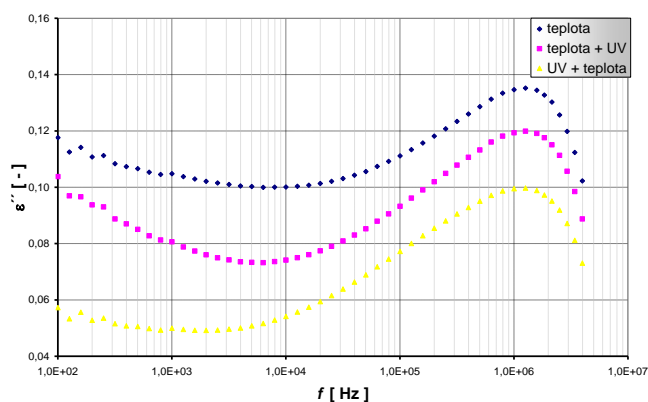
Za účelem vytvrzování vzorků elektroizolačního laku byla využita teplotní komora Stericell s řízenou regulací teploty, do které byla umístěna UV lampa. Její reflektor musel projít speciálními úpravami zajišťujícími bezpečné uchycení do nerezového roštu, který je součástí teplotní komory (obrázek 2). K vlastnímu měření ve frekvenční oblasti bylo použito měřicího zařízení Agilent E4980A s frekvenčním rozsahem 20 Hz – 2 MHz, měřicího zařízení Agilent 4285A s frekvenčním rozsahem 75 kHz – 30 MHz a tříelektrodového systému Agilent 16451B. Měření vzorků bylo v celém frekvenčním rozsahu plně automatizováno pomocí software VEE Pro 8.5 a výsledné hodnoty byly zaznamenávány do tabulkového procesoru Microsoft Excel.



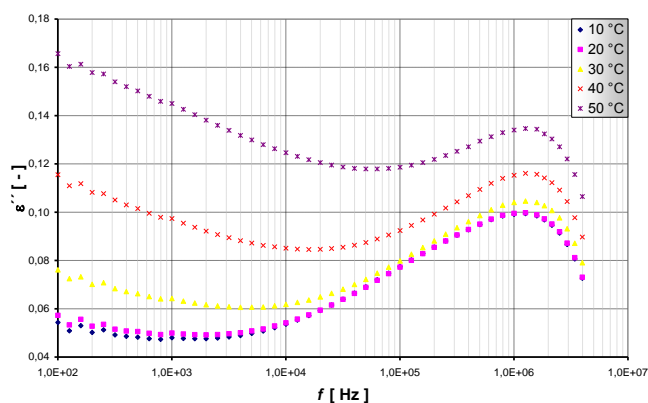
Obrázek 2: Zařízení pro vytvrzování vzorků elektroizolačního laku

3.3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Pro tento experiment byly vyrobeny tři sady po 10 vzorcích s různým způsobem vytvrzení. Výsledky měření ztrátového čísla v závislosti na frekvenci s parametrem způsobu vytvrzení (obrázek 3) a teploty (obrázek 4) představují střední hodnotu naměřených závislostí.



Obrázek 3: Frekvenční závislost ztrátového čísla s parametrem způsobu vytvrzení pro $\nu = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$



Obrázek 4: Frekvenční závislost ztrátového čísla s parametrem teploty pro vytvrzení UV + teplota

4. ZÁVĚR

Metodou dielektrické relaxační spektroskopie byly experimentálně prošetřeny dielektrické vlastnosti elektroizolačního laku DOLPHON XL 2109-UV pro různé způsoby vytvrzení. Z frekvenční závislosti ϵ'' lze soudit, že se jedná o dielektrikum relaxačního typu. Na výsledných závislostech ztrátového čísla byl prokázán významný vliv rozdílného způsobu vytvrzování. Prokázal se pozitivní význam fotoiniciátorů při procesu vytvrzování. Menších dielektrických ztrát dosahovaly vzorky, které byly částečně vytvrzovány pomocí UV záření. Nejmenších ztrát poté dosahovaly vzorky, které pomocí UV záření proces vytvrzování zahajovaly. Nabízí se také otázka, proč výrobce upřednostňuje vytvrzování nejdříve teplotou a poté až UV zářením. Důvodem jsou s největší pravděpodobností rozdílné mechanické vlastnosti, které byly také proměřeny. Dále byla zjištěna skutečnost, že se zvyšující se teplotou dochází k nárůstu ztrátového čísla a vodivosti. Získané výsledky budou důkladně matematicky a fyzikálně vyhodnoceny z pohledu metodického postupu vytvrzení.

REFERENCE

- [1] HALAMÍČEK, J. *Základní informace k lakům vytvrzovaným UV zářením*. 2006.
- [2] PAŠČINSKÝ, J. *Vlastnosti materiálů tvrditelných UV zářením: semestrální projekt*. Brno: FEKT VUT v Brně, 2010, 27 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Zdenka Rozsivalová.