

STUDY OF MULTISTRESS AGEING INFLUENCE ON DIELECTRIC SPECTRA OF INSULATING MATERIALS

Vítězslav Vojtek

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xvojte15@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Frk

E-mail: frkmar@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The article deals with study of multistress ageing and measurement and evaluation of dielectric spectra of the composite insulation material Isonom NKN at the frequency domain. Influence of thermal, electric and multistress ageing of relative dielectric constant are observed.

1. ÚVOD

Dielektrická relaxační spektroskopie je jednou z moderních metod, jak lze vyšetřovat vlastnosti materiálů. Obecně ji lze charakterizovat jako studium molekulární dynamiky elektricky nabitých částic nebo-li dipólů.

Izolační systém je důležitou součástí elektrických zařízení. Právě porušení izolace bývá častou příčinou celkového selhání zařízení. Proto je důležité diagnostikovat stav zařízení, s časovým předstihem určit možný problém a ten odstranit. Důležitým aspektem při návrhu elektrického zařízení je teplotní odolnost a průrazné napětí použité izolace. Často opomíjeným aspektem je doba, po kterou by měla izolace plnit svoji funkci, tj. doba života použitých izolantů. Matematický či fyzikální model napomáhá k pochopení dějů probíhajících v izolantech, což napomáhá k určení doby života při daných provozních podmínkách.

2. ROZBOR

Stárnutí dielektrik se projevuje chemickými i fyzikálními změnami, k nimž dochází v závislosti na čase komplexním působením vlivů a podmínek. Stárnutí dielektrik je charakteristické trvalým zhoršením jeho základních vlastností, jako je povrchová rezistivita, vnitřní rezistivita, ztrátový činitel a elektrická pevnost. Doba života dielektrik určuje dobu použitelnosti elektrického zařízení s ohledem na jeho spolehlivost a bezpečnost.

Stárnutí elektrické izolace způsobují čtyři faktory; a to elektrické namáhání (stárnutí je způsobeno velkou intenzitou elektrického pole v izolaci, pulzním elektrickým namáháním izolace, kdy perioda pulzů musí přesahovat 10^4 Hz), tepelné namáhání (u tepelného namáhání je stárnoucí proces způsoben zejména vysokou teplotou prostředí, dielektrickými ztrátami a chemickými změnami v izolaci způsobenými zvýšenou teplotou), mechanické

namáhání (stárnutí je vyvoláno zejména měnícím se namáháním, tepelnou roztažností, vibracemi, změnami velikosti vlivem změn intenzity elektrického pole atd.) a namáhání vlivem okolí - environmentální namáhání (stárnutí způsobuje zejména vliv vlhkosti, chemické reakce s prostředím, oxidace, ale i vesmírné a jaderné záření)

Doba života je charakterizována dobou, po kterou je určitý výrobek nebo zařízení schopno konat svou normální funkci. Po uplynutí doby života je izolace nadále nepoužitelná a má vliv i na ekonomické vlastnosti výrobku. Teplota bývá hlavní příčinou stárnutí nízkonapěťových izolací. Nevratné fyzikálně chemické změny jsou způsobeny řadou chemických reakcí (oxidace, polymerizace, rozklad některých složek materiálu, aj.). Rychlost těchto reakcí se projevuje i při pokojové teplotě, ale vzrůstá společně s teplotou. O přesném mechanismu působení elektrického pole na stárnutí izolantu je v současnosti známo jen velmi málo a většina poznatků jsou spíše empirického charakteru. U stárnutí vlivem elektrického namáhání se pozorují dvě veličiny (při neměnění se frekvenci), a to pozorování doby do poruchy napětím o řádově stejné hodnotě jako je průrazné napětí, a pozorování průrazného napětí – při zvyšujícím se napětí po krocích dokud nedojde k průrazu vzorku. Mechanické namáhání existuje v mnoha podobách v závislosti na různých vlastnostech materiálů. Toto namáhání se projevuje výrazně při kombinaci s tepelným nebo elektrickým namáháním, kdy mechanické namáhání může narušit materiál a dojde k většímu nárůstu částečných výbojů, pronikání kyslíku do izolace atd.

2.1. MODEL Y TEPelnÉHO NAMÁHÁNÍ

Tepelným namáháním se začal zabývat Montsinger, kdy stanovil základní rovnici tepelného namáhání

$$L_T = A \cdot \exp[-m\Theta], \quad (1)$$

kde L_T značí dobu života izolantů, m a A jsou materiálové konstanty charakterizující izolant a Θ konstantní teplota stárnutí. Na jeho studii navázal Dakin (podle [1]), který vycházel z Arrheniovy rovnice

$$L_T = \frac{C}{R} \exp\left[\frac{\Delta W}{k\Theta}\right], \quad (2)$$

kde ΔW je aktivační energie hlavní reakce zapojené do procesu, k je Boltzmanova konstanta a R je rychlost nebo-li míra stárnutí.

2.2. MODEL Y ELEKTRICKÉHO NAMÁHÁNÍ

Základní model elektrického namáhání byl vyvíjen v sedmdesátých letech dvacátého století a je založen na nepřímém mocninném vztahu, v anglické literatuře bývá označován *IPM* (inverse power model)[4]. V praxi je nejvíce používán a je vyjádřen rovnicí

$$L_E = C_I V^{-n}, \quad (3)$$

kde L_E je doba života (u pevných izolantů je shodná s dobou do poruchy), C_I , n jsou konstanty závislé na teplotě a jiných ovlivňujících faktorech a V je velikost působícího elektrického napětí.

2.3. MODELÝ KOMBINOVANÉHO NAMÁHÁNÍ

Modelů popisujících kombinované namáhání existuje velké množství. Výsledkem kombinovaného stárnutí není jen pouhý součet účinků, ale je třeba používat modelů, které zohledňují tzv. synergický účinek jednotlivých činitelů. Danou problematikou se zabýval například Endicott, který jej stanovil jako

$$R(E,T) = k_1 \Theta^\omega \exp\left[-\frac{B}{\Theta}\right] \exp\left[\left(k_2 + \frac{k_3}{\Theta}\right) f(S)\right], \quad (4)$$

kde S je namáhání (elektrické nebo mechanické), k_1, k_2, k_3 jsou konstanty závislé na čase, teplotě či namáhání a exponent $\omega \approx 1$. Modely pro kombinované stárnutí se zabývalo mnoho vědců, podle kterých jsou pojmenovány, jako Simoni, Ramu, Fallou, Gjaerde, Crine, Montanami atd. [3, 4, 5].

2.4. VLASTNÍ EXPERIMENT

Na zkoumaném materiálu již bylo realizováno stárnutí vlivem tepelného namáhání. V současné době je zhotoven zdroj vysokého napětí pro elektrické namáhání, který při současném využití tepelné komory, umožňuje realizaci kombinovaného namáhání až na šesti vzorcích. Je započato s prvními experimentálními zkouškami a jsou diagnostikovány základní dielektrické parametry zkoumaného materiálu. Výsledky budou prezentovány při obhajobě diplomové práce.

3. ZÁVĚR

Izolant je při kombinovaném namáhání vystaven jak tepelnému, tak i elektrickému namáhání současně, což značně přibližuje stárnutí izolantu k reálným podmínkám použití v elektrických strojích. Modely umožňují přepočítání doby života ze zrychlených zkoušek do reálných podmínek provozu, jejich studium není zcela jednoduché, zpravidla i časově náročné. Některé modely, jako například Crineho, nejsou dokončeny, jiné modely nemají fyzikální základ a vycházejí tedy z řady empirických dat.

LITERATURA

- [1] LIEDERMANN, K. Materiály v elektrotechnice, část Dielektrické a izolační materiály. Brno: Vysoké učení technické v Brně
- [2] MENTLÍK, V. Dielektrické prvky a systémy. Praha: BEN – technická literatura, 2006, 1. vydání, 240 s. ISBN 80-7300-189-6.
- [3] CYGAN, R., LAGHARI, J. R. Models for insulation aging under electrical and thermal multistress, IEEE vol. 25 no.5, October 1990, s. 923 – 932
- [4] MONTANARI, G. C., MAZZANTI, G., SIMONI, L. Progress in electrothermal life modeling of electrical insulation during the last decades, IEEE Vol. 9 No.5, October 2002, s. 730 - 746
- [5] RAMU, T. S. On estimation of life of power apparatus insulation under combined electrical and thermal stress IEEE trans. Vol. EI-20, s. 70-78, 1985