

Oponentský posudek disertační práce

Degradační procesy v elektroizolačních strukturách

Autor: Ing. Jakub Souček

STUDIJNÍ OBOR: Elektrotechnika

PRACOVNÍŠTĚ: Fakulta elektrotechnická Západočeské univerzity v Plzni

ŠKOLITEL: doc. Ing. Pavel Trnka, Ph.D.

Oponent: prof. Ing. Jiří Kazelle, CSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie, Technická 3058/10, 616 00 Brno

Disertační práce se zabývá popisem degradačních procesů v elektroizolačních strukturách, které jsou popsány statistickými, fyzikálními a statisticko-fyzikálními modely stárnutí pro odhad zbytkové životnosti. Navazuje na současný stav poznání v této oblasti a zabývá se vývojem modelu s odlišným pohledem na degradační mechanismy, než popisují současné modely.

Práce je velmi obsáhlá a obsahuje 130 stran. Pozoruhodný je i seznam symbolů a značek popsaný na šesti stranách. Domnívám se, že je až příliš podrobný, kdy např. téměř na jedné straně jsou symboly popsány shodně jako „materiálová konstanta“. Zaměření práce a postupy řešení považuji za správné s reálnou možností dosáhnout definovaného cíle.

a) Význam dizertační práce pro obor:

Spolehlivost elektrických zařízení a s tím úzce související použité elektroizolační systémy jsou klíčové záležitosti při nasazení elektrických zařízení v praxi, a to jak z hledisek ekonomických tak i bezpečnostních. Výzkumné práce v oblasti stanovování momentálního stavu zařízení a odhadování jejich zbytkové životnosti jsou velice potřebné a stále aktuální. Diagnostické metody a degradační zkoušky jsou většinou časově velmi náročné a výsledky mnohdy diskutabilní. Z tohoto důvodu jsou práce na zpřesnění diagnostických metod a nové pohledy na mechanismy stárnutí velmi důležité. Z tohoto pohledu považuji předloženou práci za zcela aktuální a významnou pro daný obor.

b) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle:

V úvodní části popisuje doktorand základní aspekty problematiky a současného stavu. Popisuje řadu metod a současných přístupů s vhodným komentářem k možnostem metod a k jejich omezením. Na základě rozboru stávajícího stavu navrhl novou metodu včetně experimentálního ověření, resp. stanovení potřebných podkladů pro navrženou metodiku. Takový přístup je zcela v souladu s běžnými postupy a metodami ve vědecké práci. Lze konstatovat, že vytčené cíle disertační práce byly splněny.

c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce:

Doktorand si jako cíl práce vytknul vytvoření modelu stárnutí s vybranými degradačními mechanizmy, který by co nejvíce korespondoval se skutečným stavem. Model by měl být co nejjednodušší a co nejlépe aplikovatelný v praxi. Doktorand navrhl fyzikální model tepelného stárnutí respektující mezní hodnotu vlivu degradačního faktoru, dále pravděpodobnostní model s využitím modelu tepelného stárnutí respektující mezní hodnotu vlivu degradačního faktoru, dále navrhl metodu pro odhad mezní hodnoty vlivu degradačního faktoru, stanovil konkrétní křivky odolnosti vůči působení degradačního faktoru a určil hodnoty aktivačních energií degradačních mechanismů po dosažení mezní hodnoty vlivu degradačního faktoru. Návrhy experimentálně ověřil. Návrhy a dosažené výsledky považují za původní a přínosné pro praxi.

d) Vyjádření k systematicce, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce:

Práce má logickou strukturu vhodně členěnou a přehlednou. Formální úroveň práce je na velmi dobré úrovni, rovněž tak i jazyková stránka psaného textu. Připomínku bych měl k formální nejednotnosti v části „Reference“ a v „Přehledu publikační činnosti“ autora. Např. v [1] píše MENTLÍK, Václav, Pavel Trnka..., jinde L. Simoni, SOUČEK, J., jinde Jakub SOUČEK atd., a to i u ostatních autorů a spoluautorů.

e) Vyjádření k publikacím studenta:

Disertant uvádí autorství a spoluautorství u 28 publikací, z toho jedna publikace je diplomová práce autora (IX) a jedna nebyla publikovaná (XI). Jedná se převážně o publikace na konferencích, kterých autor uvádí 17. Dále uvádí 2 publikace v časopisech (II a XII). Za cennou považují publikaci XII v IEEE Electrical Insulation Magazine s IF 1,61. Nevím jak zařadit práci XIX pro Škoda Electric – jedná se asi o výzkumnou zprávu. Dále nevím jak zařadit práce XI (nepublikovaná), XV a XVII pro ČEPS a.s. Jedná se asi rovněž o výzkumné zprávy. A konečně nevím jak zařadit práce VI, VII, XVII a XXII označené jako Elektrotechnika a informatika...Plzeň. Přes tyto výhrady hodnotím publikační aktivity disertanta za dobré a svědčící o dobrých výsledcích jeho tvůrčích činnostech.

Použitá literatura:

Disertant uvádí celkem 59 titulů použité literatury. Tento počet je úctyhodný a lze konstatovat, že použitá literatura je vesměs kvalitní, aktuální a pokud byla opravdu studována, např. v rešerších, tak se jedná o velký kus práce v této oblasti.

f) Jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje či nedoporučuje disertační práci k obhajobě:

Práce je rozsáhlá, je psána dobrým jazykem. V práci je zpracována rešeršní část postavená na značném množství citované literatury. V experimentální části doktorand vykonal potřebné experimentální práce a prokázal, že je schopen úspěšně realizovat experimentální činnosti se správnou interpretací dosažených výsledků.

Disertační práce splnila stanovené cíle, doktorand prokázal schopnost práce s literaturou, schopnost samostatné vědecké práce i schopnost experimentálních činností s potřebným vyhodnocením. Dosažené návrhy a výsledky považuji za původní a přínosné pro praxi.

Předložená disertační práce splňuje požadavky kladené na doktorskou disertační práci, a proto ji doporučuji k obhajobě.



V Brně dne 24. 6. 2016

prof. Ing. Jiří Kazelle, CSc.

Otázky:

1. Proč se domníváte, že průběhy ztrátového činitele na době expozice při různých úrovních tepelného zatížení, by nemohly dát alespoň základní informaci o životnosti elektroizolačních systémů, resp. jaký je Váš názor na hodnocení těchto závislostí při cyklickém teplotním zatěžování?
2. Proč v tabulkách P.2.1 až P.2.3 uvádíte „Číslo vzorku“ 1 až 50 a v tabulce P.2.4 „Číslo poruchy“ 1 až 50? Co to je číslo poruchy a jak souvisí s číslem vzorku? Při 160° C bylo měřeno jen 25 vzorků a při vyšších teplotách všech 50, nebo se jedná o něco jiného?
3. V tabulce P.3.1 a dalších je v záhlaví u měřené veličiny uvedeno „měřeno při 90° C“, ale v tabulce jsou hodnoty pro různé teplotní expozice. Co bylo měřeno při 90° C?
4. Na obrázcích P.2.8 a dalších jsou značné rozptyly naměřených hodnot jednotlivých vzorků. Čím to bylo způsobeno?

OPONENTSKÝ POSUDOK DIZERTAČNEJ PRÁCE

Názov práce: **Degradačné procesy v elektroizolačných štruktúrach**

Autor: **Ing. Jakub Souček**

Oponent: **prof. Ing. Ján Michalík, PhD., EVPÚ a.s. Nová Dubnica**

Zhodnotenie významu a aktuálnosti témy

Oblasť degradácie elektroizolačných štruktúr je aktuálna od samého počiatku rozvoja elektrotechniky. Jej význam rastie súčasne s mimoriadne rýchlym rozvojom elektrotechniky a elektroniky vo všetkých oblastiach súčasného sveta.

Preto považujem tému dizertačnej práce za mimoriadne aktuálnu. Potvrďuje to aj skutočnosť, že uvedená problematika sa stáva nosným programom rady výskumných pracovísk na celom svete. Toto moje tvrdenie je v práci podporené zoznamom použitej literatúry, kde je 59 položiek.

Zhodnotenie postupu riešenia a splnenie uvedeného cieľa

Ciele dizertačnej práce sú uvedené v dizertačnej práci (str. 40, 41).

V úvode práce sa autor zaoberá teoretickým popisom doteraz známych modelov starnutia, ktoré sa delia na modely fyzikálne, štatistické a fyzikálno-štatistické. Následne sa autor zaoberá návrhom nových modelov starnutia, čo bolo cieľom dizertačnej práce a sú podrobne uvedené v práci. Stanovené ciele boli jednoznačne, na dobrej úrovni a v plnom rozsahu splnené.

Stanovisko k výsledkom dizertačnej práce a ku konkrétnemu prínosu študenta

Ako už bolo spomenuté, práca rieši veľmi perspektívne problematiku z oblasti degradačných procesov v elektroizolačných štruktúrach. V tomto smere má práca p. Ing. Jakuba Součeka významný prínos pre ďalší rozvoj tejto oblasti.

Vyjadrenie k spracovaniu dizertačnej práce

Pán Ing. Souček pri spracovaní dizertačnej práce využíva tradičný a osvedčený postup riešenia vedecko-výskumných úloh. Za zvlášť cenné považujem veľmi dôkladné teoretické rozpravovanie problematiky v danej oblasti. Vhodne dopĺňajú riešenie problematiky aj experimentálne výsledky spracované v prílohách predkladanej práce.

Stanovené ciele boli jednoznačne na veľmi dobrej úrovni a v plnom rozsahu splnené.

Vyjadrenie k publikáciám študenta

V práci je uvedených 28 publikácií, ktoré majú väzbu na riešenu problematiku, a v ktorých autor vystupuje ako spoluautor, z toho 15 krát ako prvý autor.

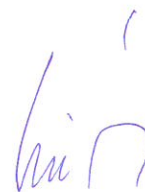
Publikačná činnosť autora je nadpriemerná.

Záverečné hodnotenie:

Záverom konštatujem, že dizertačná práca spĺňa požiadavky a preto ju odporúčam k obhajobe. Po úspešnej obhajobe dizertačnej práce odporúčam Ing. J. Součkovi udeliť akademický titul

„ Philosophiae doctor (PhD.)“.

V Žiline 13.7.2016



prof. Ing. Ján Michalík, PhD.

Oponentní posudek na disertační práci Ing. Jakuba Součka

Degradační procesy v elektroizolačních strukturách.

S potěšením mohu konstatovat, že mi byla k oponentuře předložena pečlivá, fundovaná a přínosná pro obor disertační práce. Je stále aktuální a z různých pohledů řešenou odpověď na otázku určování zbytkové životnosti elektroizolačních systémů v důsledku působení dominantních degradačních faktorů a vytvoření popisu jednotlivých adekvátních degradačních mechanismů, případně dle možnosti mechanismů degradace při působení vícefaktorového namáhání. Pozitivní výsledek takového výzkumu vede ke kvalifikovanému kvantitativnímu odhadu průběhu časové funkce spolehlivosti izolačního systému a tím potažmo i elektrického stroje, což přináší ekonomický pohled na optimalizaci návrhu provozovaného zařízení. Touto cestou se vydal disertant a výsledkem své práce obohatil současný stav znalostí v oboru zkoumajícím vhodnost správného použití nejen odpovídajících degradačních mechanismů, ale též zejména rozšířením jejich teoretických principů a jejich verifikací rozsáhlou experimentální prací.

Význam disertační práce pro obor spočívá v úspěšném dosažení deklarovaných cílů při jejím zadání. Jde zejména o navržení nového modelu stárnutí založeném na matematicko-fyzikální podstatě a určení mezní hodnoty vlivu degradačního parametru u tohoto modelu. Tím lze dospět k počátku odlišného degradačního mechanismu v závislosti na intenzitě působení degradačního faktoru. Zde byla využita kinetická teorie látek při velmi nízkých termodynamických teplotách. Dalším dílčím cílem byla implementace modelů stárnutí na fyzikálním principu do modelů statistických. Disertant tak vytvořil pravděpodobnostní model s využitím modelu tepelného stárnutí respektující mezní hodnotu degradačního faktoru a ověřil jeho funkčnost experimentálními měřeními. Novou výhodou této metody je, že není nutnost mezní hodnoty při experimentálním postupu dosáhnout, což přináší ekonomický benefit. Dalším přínosem je výpočet aktivační energie degradačního mechanismu po dosažení mezní hodnoty degradačního faktoru elektroizolačních kapalin (přírodní a syntetické oleje) a tím posouzení vhodnosti technicko-ekonomického užití těchto kapalných izolantů v transformátorech. Hodnotím práci jako přínosnou pro obor.

Pokud jde o **vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle** konstatuji, že Ing. Souček postupoval systematicky, vyšel ze současného stavu vědění o použitelnosti statistických modelů (zde hlavně Weibulova rozdělení a uplatnění parametru beta), modelů fyzikálních a matematických (tepelné a elektrické stárnutí, modely Simoniho, Ramuův, Fallouův, Grzybowskiho a prostorového náboje) a Montanariho pravděpodobnostního modelu. Dospěl k rozsáhlému těžišti disertační práce, tj. k návrhu modelu tepelného stárnutí respektujícímu mezní hodnotu vlivu degradačního faktoru a k vytvoření pravděpodobnostního modelu tepelného stárnutí též respektujícímu tuto mezní hodnotu. Odvozuje zde určení citované mezní hodnoty. Následuje k tomu příslušná experimentální část na sadách testovacích vzorků lesklé transformátorové lepenky Fassmann tl. 0,5 mm, vyráběné ze zamokra lisované sulfátové buničiny a na konci procesu kalandrované. Vazby mezi aktivační energií a degradační odolností studoval disertant na již zmíněných vzorcích olejů. V průběhu těžiště disertace jsou patrné fundované teoretické pasáže svědčící o velmi

dobré teoretické a aplikační úrovni autora. Postup řešení problému je správný a umožnil splnění určeného cíle.

Výsledky disertační práce jsou použitelné v aplikovaném výzkumu dielektrických systémů, ve zpřesněných odhadech jejich životnosti při působení degradačních činitelů a při spolehlivostních výpočtech elektrických strojů.

Původní konkrétní přínos předkladatele disertační práce lze spatřit v návrhu fyzikálního modelu tepelného stárnutí a uvedení mezní hodnoty vlivu degradačního parametru založené na fyzikálním principu. Rovněž tak kladně hodnotím adekvátní odvození modelu pravděpodobnostního využitím Weibullova rozdělení, což umožňuje generovat další výhody (stanovení mezní hodnoty není nutné při experimentu dosáhnout). Přínosné je i stanovení aktivačních energií degradačních mechanismů.

Práce je velmi **přehledná, systematický postup** je patrný po celém jejím rozsahu, ukazuje na disertantovu schopnost k vědecké práci. Její rozsah (130 stran vč. teoretické přílohy) je odpovídající požadavkům. K **formální úpravě** nemám připomínek, pouze v některých ojedinělých výpočtech bych měl raději uvedeny odvozovací mezikroky (např. vztah 3.8. a 3.9.), avšak to nesnižuje mé kladné hodnocení. K **jazykové úrovni** rovněž nemám zásadní připomínky.

Velké množství vlastních a spoluautorských **publikací** (28) svědčí o odborné angažovanosti autora vzhledem k řešenému problému a 59 citovaných referenčních pramenů o rozsahu a hloubce studia.

Vzhledem k výše uvedeným pozitivům a v souladu se zák. č. 111 Sb. a s čl.107 odst. 1 a 2 Studijního a zkušebního řádu ZČU

doporučuji disertační práci Ing, Jakuba Součka k obhajobě.

V Plzni, 13.7.2016



Ing. Lumír Šašek, CSc.