

Diagnostika izolačních systémů elektrických strojů pomocí ztrátového činitele a kapacity

Petr, J.; Antfeist, F.; Marek, V. - ČVUT FEL Praha; ČEZ a.s.

Anotace

V příspěvku je uveden přehled aktuální měřicí techniky v oblasti měření ztrátového činitele a kapacity při vysokém napětí. Dále jsou uvedeny příklady průběhů příslušných veličin izolačních systémů reálných velkých elektrických točivých strojů na napětí v průběhu provozu s komentářem. V závěru příspěvku je vyhodnocení možnosti využití měření ztrátového činitele a kapacity v diagnostice velkých elektrických točivých strojů během provozu.

Úvod

Měření ztrátového činitele a kapacity izolačních systémů elektrických strojů v závislosti na teplotě a napětí patří mezi často používané nedestruktivní diagnostické metody. Této oblasti se dotýká jednak vývoj měřicí techniky, jednak vývoj izolačních systémů. Uvádíme proto v dalším textu několik příkladů ze současné nabídky vysokonapěťových můstek. Vývoj izolačních systémů se dotýká hlavně suchých transformátorů středních výkonů a elektrických točivých strojů středních a velkých výkonů. Interpretace výsledků měření je jistě odlišná pro izolační systémy obsahující štípanou slídu, asphalt a papír a pro systém z regenerované slídy, epoxidové pryskyřice a skelné tkaniny. Příspěvek se zabývá izolačními systémy statorů velkých střídavých točivých strojů.

Aktuální měřicí technika (výběr dle našeho uvážení)

1/ Měřicí Scheringův most typ 2801 (Tettex Instruments, Švýcarsko)

Tento měřicí most byl jedním z prvních výrobků firmy Tettex Instruments, přesto je i dnes nabízen v jejich katalogu. Můstek lze použít pro měření ztrátového činitele a kapacity na jakémkoliv transformátoru, točivém stroji, pro měření na kabelech i průchodkách.

Jedná se o ručně ovládaný přístroj. Je nutné pomocí otočných přepínačů (změna R a C dekády) vyvážit můstek založený na klasickém Scheringově mostu pro měření C a $\tan \delta$. Následně je pak nutné dopočítat $\tan \delta$ a kapacitu z odečtených hodnot R a C.

V České republice jsou nejčastěji používány mosty typu **Tettex 2805** a **Tettex 2818**. Jedná se o plně automatické mosty transformátorového typu.

2/ M4000 system (Doble Engineering Company, Watertown)

Systém Doble 4000 je uznáván jako průmyslový standard pro diagnostiku izolace pomocí ztrátového činitele a kapacity. Toto uznání mu přinesla zejména skutečnost, že vykazuje velkou přesnost a citlivost i pod vlivem velkého elektrostatického pole a elektromagnetického rušení. Základní měřicí jednotkou tohoto systému je přístroj M4100.

3/BIDDLE 670065 (Megger, Norristown, USA)

Tento měřicí set lze získat ve dvou variantách. Pro měření do napětí 2,5 kV nebo do 12 kV. Navíc je ještě možné získat přístroj s rozšířeným měřicím rozsahem pro měření izolací s velkou kapacitou.

Přístroj umožňuje provést 3 typy standardních diagnostických testů: test neuzemněného vzorku, test uzemněného vzorku a test uzemněného vzorku s chráněným připojením. Umožňuje měření kapacity až do 1 μF při napětí 10 kV.

4/Tettex 2820 (Tettex Instruments, Švýcarsko)

Diagnostický přístroj 2820 od firmy Tettex nepracuje oproti předešlým produktům jen na principu měřicího mostu, ale je kombinací mostu a vector-metru. Přístroj je navrhnut pro

co nejjednodušší a nejrychlejší měření při zachování požadované přesnosti měření. Z tohoto důvodu je plně automatický.

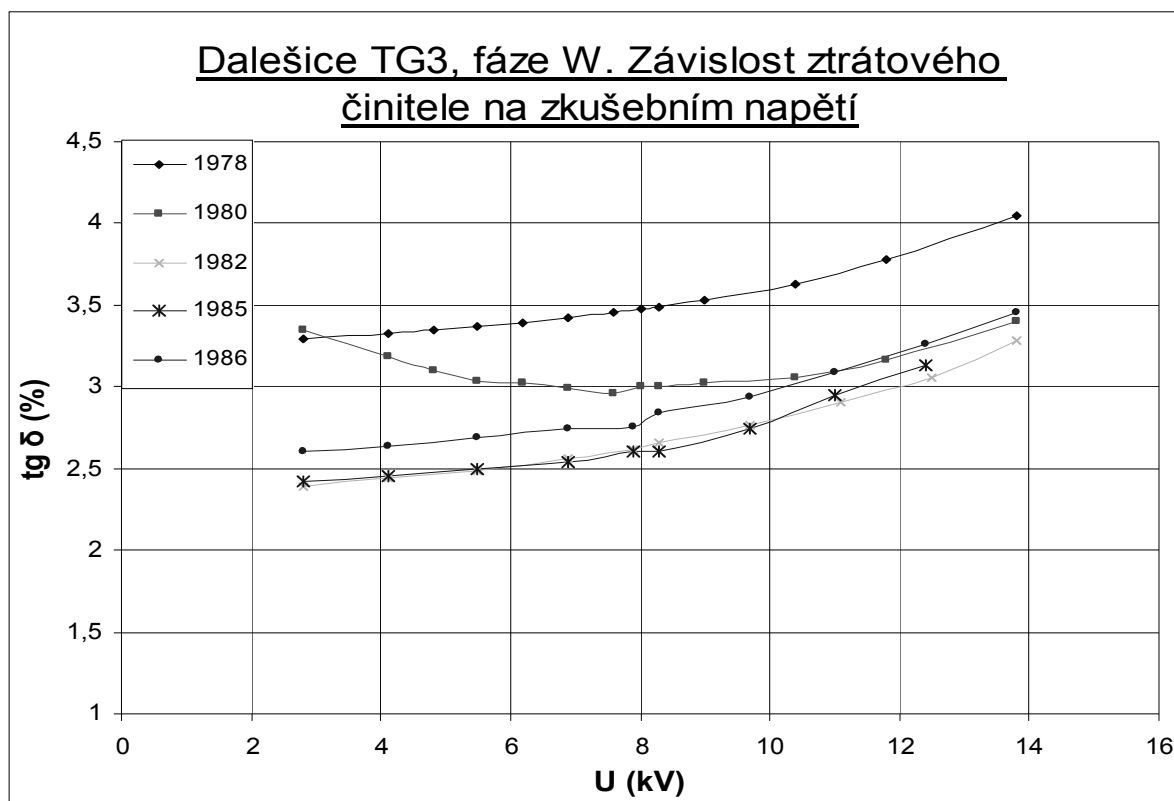
Přístroj je vybaven vlastním měřicím softwarem, který umožňuje předem naprogramovat test, který se pak jen spustí a není třeba se dále o nic starat. Přístroj nemá zabudovaný vlastní zdroj, je nutné použít externí.

5/ MIDAS 2880 (Tettex Instruments, Švýcarsko)

Midas 2880 je nejnovějším přístrojem od firmy Tettex, určený speciálně k měření v těžkých podmínkách, jako jsou transformátorovny apod. Je určen pro měření v síti 50 Hz i 60 Hz a je plně automatizovaný. Měří a zaznamenává hodnoty ztrátového činitele, účinníku, kapacity, indukčnosti a odporu. Následně umožňuje rychle zjistit, jaké změny se objevily v měřené izolaci, a vyhodnotit, zda se jedná o poruchy nebo jen běžné změny.

Výsledky měření na reálných elektrických strojích

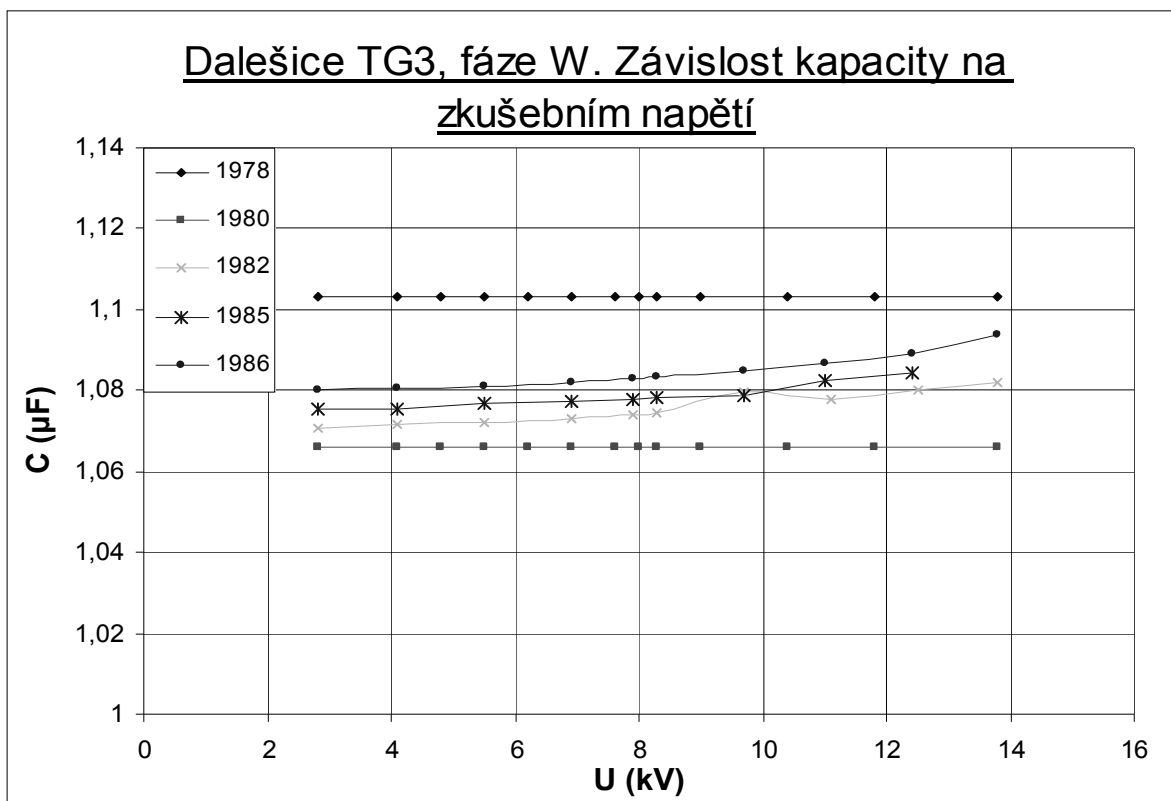
Na obr.1 jsou napěťové závislosti ztrátového činitele izolačního systému jedné fáze hydrogenerátoru 100 MW, 13,8 kV (reaktoplastická izolace teplotní třídy 155°C) vyrobeného v r.1978. Parametrem jsou roky provozu. Na obr. 2 jsou obdobné závislosti kapacity.



Obr.1 Napěťové závislosti ztrátového činitele měřené během provozu stroje

Z obr.1 je patrné, že se neobjevují žádné význačné anomálie. Pouze počáteční hodnota ztrátového činitele je poněkud vyšší. Jde zřejmě o dotvrzování izolace. V r.1980 se však ztrátový činitel na napětí snižuje. To je typické pro uvolňování vinutí v drážce. Náprava je možná vyklínováním vinutí. Průběh kapacity na obr. 2 je standardní, takřka přímkový, nevykazuje žádné nesrovnalosti, vzrůst je přiměřený. Přesto však ve fázi W došlo při měření v r.1989 u odstaveného stroje k průrazu izolace jedné cívky. Cívka byla vyměněna a stroj mohl

pracovat dál. Poslední měření před průrazem neukazuje na blížící se poruchu. To je důkaz toho, že měřené průběhy podávají informaci o celkovém stavu izolace a nezachytí jeho anomálie.



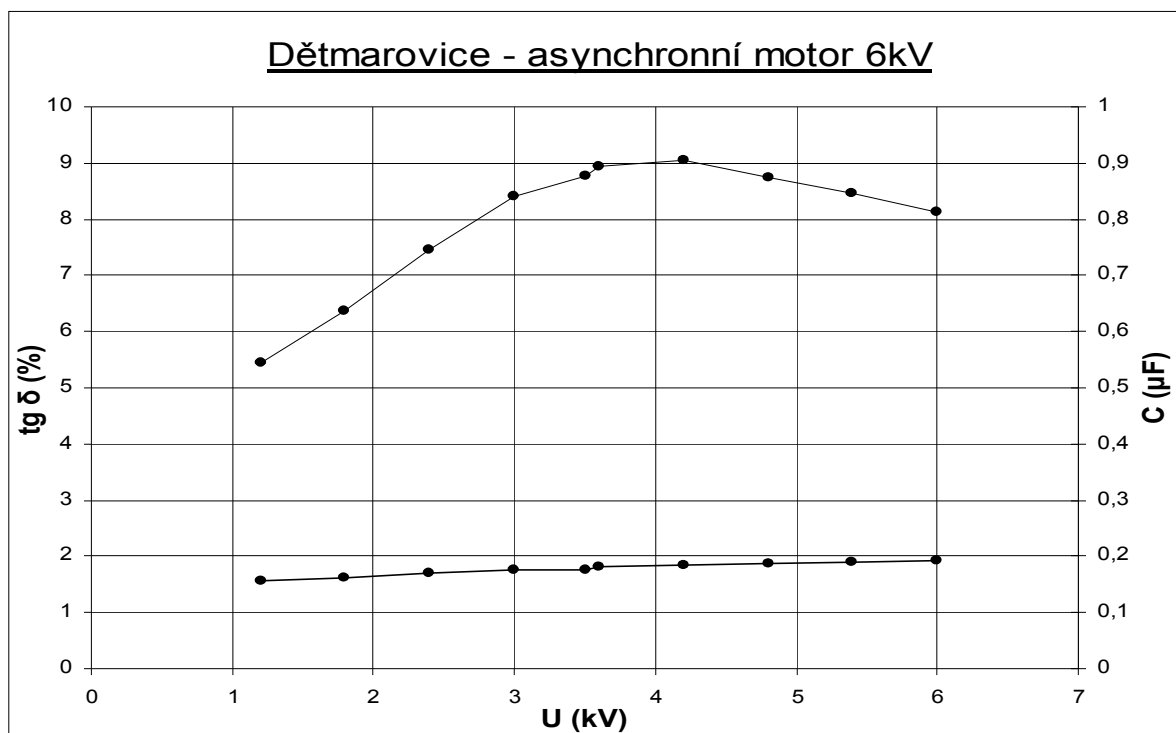
Obr. 2 Napěťové závislosti kapacity měřené během provozu stroje

Na obr. 3 je napěťová závislost ztrátového činitele u asynchronního motoru z kotvou nakrátko 0,8 MW, 6 kV (reaktoplastická izolace teplotní třídy 155°C). Měření zde neprobíhalo s jednotlivými fázemi proti zemi, ale měřily se všechny tři fáze společně. Z průběhu je patrné, že absolutní hodnota ztrátového činitele je vyšší než obvykle, dále jeho nárůst je významně vyšší (částečné výboje), a to nejpodstatnější je průchod maximem. To ukazuje na velmi nebezpečnou oblast, ve které může dojít k průrazu izolace. Také kapacita vykazuje příliš velký nárůst hodnoty na napětí. Závěrečné hodnocení izolace pak zní velmi nepříznivě. Vinutí je značně poškozené výboji, jedná se celkově zestárnuté izolace. Praxe pak tuto diagnózu potvrdila.

Závěr

Posuzování izolačních systémů pomocí ztrátového činitele a kapacity a jejich závislostí na napětí a teplotě patří mezi nejstarší diagnostické metody (od vyvinutí Scheringova mostu v r.1920). Během této doby se zdokonalovaly měřicí metody a měnily se izolační systémy co do materiálů i technologií. Napěťové závislosti ztrátového činitele se staly důležitou diagnostickou metodou u statorových vinutí velkých točivých elektrických strojů. Kritéria absolutních hodnot výše uvedených veličin při nízké teplotě a napětí se pro posouzení kvality izolace zásadně nezměnily. U napěťových a teplotních závislostí a zvláště jejich změny během provozu strojů je situace značně složitější. Veškeré teorie často ztroskotávají při

posuzování křivek naměřených v provozu. Tento článek má sloužit pouze k zamyšlení nad problematikou posuzování a vyhodnocování měření v praxi.



Obr. 3 Závislost ztrátového činitele a kapacity u zestárnuté izolace

Obecné směrnice pro posouzení omezují počáteční nárůst ztrátového činitele na napětí u termoplastické izolace na 1,5% a reaktoplastické na 3%. Omezení absolutní hodnoty nebývá jednoznačné. Takováto kritéria dnešní praxi nevyhovují. Už proto, že nový izolační systém přináší nové specifické problémy a na měřených charakteristikách se tyto problémy projeví různě. Stále však platí to, že výsledky měření slouží zejména k posouzení dlouhodobých změn (stárnutí) izolačního systému, a že je vždy nutné přihlížet k výsledkům dalších diagnostických metod.

Literatura

1. Marek, V.: Diagnostika izolačních systémů elektrických strojů pomocí ztrátového činitele a kapacity, ČVUT FEL Praha, diplomová práce, 2006, vedoucí práce Petr, J.
2. Měření ČEZ a.s.

Autoři

Doc.Ing. Jiří Petr, CSc., Katedra elektrotechnologie, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze; Technická 2, 160 00 Praha 6; e-mail: petr@fel.cvut.cz

František Antfeist; ČEZ,a.s.- odbor Technická kontrola a diagnostika; VE Štěchovice, prof.V.Lista 329, 252 07 Štěchovice;e-mail: frantisek.antfeist@cez.cz

Ing. Vojtěch Marek, Katedra elektrotechnologie, Fakulta elektrotechnická, České vysoké učení technické v Praze; Technická 2, 160 00 Praha 6, diplomant