

几何结构对油纸绝缘电介质频率响应特性影响规律

刘君, 刘玉龙, 许勇, 胡琳, 杨帆
(国网成都供电公司, 四川成都 610041)

摘要: 为将电介质频率响应更准确地应用于工程实际, 研究几何结构对油纸绝缘电介质频率响应特性影响规律。根据电介质频率响应原理, 建立测试系统; 根据电介质理论建立油纸绝缘几何结构物理模型; 对不同油-纸相对大小油纸绝缘电介质频率响应进行了数值计算及试验验证; 拟合得到任意频率及几何结构下油纸绝缘电介质频率响应曲面; 分析了几何结构变化过程中, 油纸绝缘电介质频率响应变化规律。结果表明, 油隙增大, 复介电常数实部趋于减小, 复介电常数虚部在低频段增大, 高频段起减小。

关键词: 油隙; 频率响应; 复介电常数; 曲面拟合; 油纸绝缘

Abstract: The influence law of geometry on dielectric frequency responses of oil-paper insulation is studied in order to apply the dielectric frequency response to diagnosing the equipment in operating condition more accurately. According to the principle of dielectric frequency response, the test system is established. The model of geometry structure of oil-paper insulation is built based on the dielectric theory. The dielectric frequency responses of oil-paper insulation with different geometry structure are calculated and validated by experimental data. The surface of dielectric frequency response with arbitrary geometry and frequency is obtained by fitting. Also, the relationship of dielectric frequency response and geometry of oil-paper insulation is analyzed. The results show that the real part of complex permittivity is decreased when the oil clearance increases, and the imaginary part of complex permittivity is increased at low frequency but decreased at high frequency.

Key words: oil clearance; frequency response; complex permittivity; surface fitting; oil-paper insulation

中图分类号: TM855 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)01-0029-07

0 引言

变压器在电网中承担着电压转换的任务, 其绝缘状况关系着电网运行安全性及可靠性^[1]。油纸绝缘是大型变压器的主要绝缘体系, 其状态及性能将严重影响变压器电气及机械寿命^[1-3]。电介质频率响应法作为一种新的绝缘状态评估方法^[4-7], 通过测试一定频率范围内油纸绝缘的复介电常数, 分析其幅值、形状的变化趋势来分析评估油纸绝缘性能^[8]。国内外针对电介质频率响应的研究主要集中在电介质频率响应的理论模型^[9-13], 以及尝试用频率响应法评估现场变压器的微水含量及绝缘状态^[14, 15]。频率响应法为表征变压器油纸绝缘的老化状态及微水含量评估提供了新的手段, 但不同影响因素对测试结果有严重的影响^[16-18]。目前国内研究还主要集中在微水含量、温度、油纸绝缘老化程度对电介质频率响应结果的影响规律。但不同变

压器油纸绝缘几何结构各不相同, 其对油纸绝缘电介质频率响应的规律关系到电介质响应评估准确性。因此, 建立了油纸绝缘几何结构物理模型; 对不同油-纸相对大小油纸绝缘电介质频率响应进行了数值计算及试验验证; 拟合得到任意频率及几何结构下油纸绝缘电介质频率响应; 得到几何结构对油纸绝缘电介质频率响应特性影响规律。

1 电介质频率响应原理

电介质在电场作用下的电流密度可以表示为^[15]

$$J(\omega) = j\omega\varepsilon_0 \left\{ \varepsilon_\infty + x(\omega) - j \left[\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0\omega} + x''(\omega) \right] \right\} \cdot E(\omega) \\ = j\omega\varepsilon_0 [\varepsilon'(\omega) - j\varepsilon''(\omega)] E(\omega) \quad (1)$$

式中 $E(\omega)$ 为电场; ε_∞ 为极高频介电常数; ω 为角频率; $x(\omega)$ 为频率相关的复极化系数; $\varepsilon'(\omega)$ 为复介电常数 $\varepsilon(\omega)$ 实部; $\varepsilon''(\omega)$ 为虚部。故极化过程可以

通过测试激励电压下的响应电流幅值和相位来研究^[19-22]。系统响应电流为

$$I(\omega) = j\omega C_0 \left\{ \varepsilon_\infty + x \left[\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0 \omega} + x''(\omega) \right] \right\} \cdot U(\omega)$$

$$= j\omega [C'(\omega) - jC''(\omega)] \cdot U(\omega)$$

$$= j\omega C(\omega) U(\omega) \quad (2)$$

式中, C_0 为几何电容; $U(\omega)$ 为激励电压; $I(\omega)$ 为响应电流; $C'(\omega)$ 、 $C''(\omega)$ 分别为复电容 $C(\omega)$ 的实部及虚部。不同频率时, 油纸复合绝缘老化、温度、微水含量将改变其值。

2 油纸绝缘物理模型

图1为变压器绕组绝缘结构及其简化模型, 其中 X 为绝缘纸相对大小, 实际变压器中 X 的取值一般为 $0.5 \sim 0.8$ ^[23], 为了对比分析, X 取值为 $0.5 \sim 1$ 。图2为搭建的电介质频率响应法测试系统, 实验前首先将干燥后的新绝缘纸板裁剪成圆形并置于两极板之间, 浸于变压器油中 24 h 后(使其充分浸渍), 压紧上电极, 使油浸纸与上下极板之间的间隙都很小, 可以忽略不计。实验时升起上电极, 改变上极板与油浸纸板之间油隙的距离, 测试其频率响应特性。

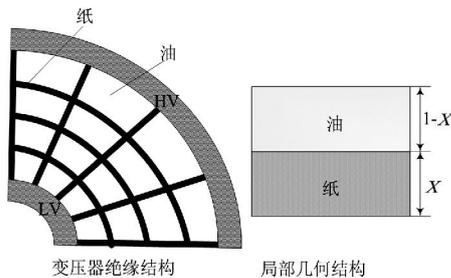


图1 变压器油纸绝缘几何结构及简化模型

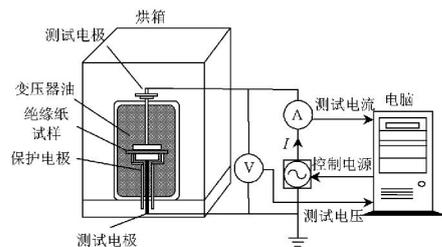


图2 试验装置

从图1中可以看出, 绝缘纸与上、下电极间存在油隙, 构成油/纸/油板系统, 如图3所示, 可等效为两相绝缘体系^[17-20], 如图4所示。系统复介电常数与绝缘油、绝缘纸复介电常数的关系为

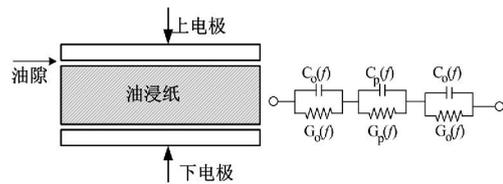


图3 油/纸/油体系及其等效体系

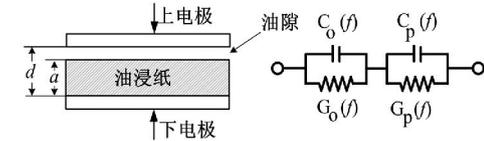


图4 油纸绝缘等效两相绝缘体系

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_o} + \frac{1}{C_p}, \quad \frac{1}{\varepsilon} = (1 - a/d) \frac{1}{\varepsilon_o} + \frac{a/d}{\varepsilon_p} \quad (3)$$

式中, C 为整个体系复电容; C_o 为油隙复电容; C_p 为油纸复电容。

$$C_o = C_o - j \frac{G_o}{\omega} \quad (4)$$

$$\varepsilon_o = \frac{d}{S \varepsilon_0} C_o = \frac{\varepsilon}{4\pi k \varepsilon_0} - j \frac{\sigma_o}{\omega \varepsilon_0} \quad (5)$$

式中, G_o 为油隙并联电导; k 为静电力常数。60 °C 时, $\sigma_o = 10.7$ pS/m, 而本实验所用的变压器油相对介电常数 $\varepsilon = 2.2$, 利用卡尔费休法测得油中微水含量 1%。油隙复介电常数为

$$\varepsilon_o = \frac{\varepsilon_o}{4\pi k \varepsilon_0} - j \frac{\sigma_o}{\omega \varepsilon_0} = 2.2 - j \frac{1.2}{\omega} \quad (6)$$

测试油隙复介电常数, 测试结果与计算结果基本一致, 如图5所示。

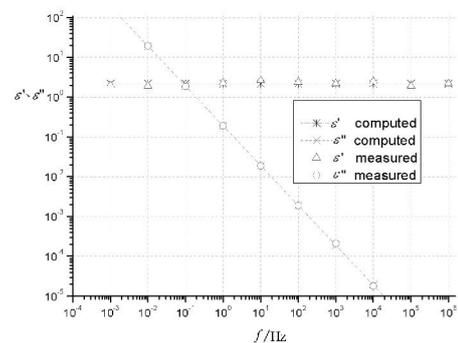


图5 60 °C 变压器油的介质响应

针对如图4所示的油浸纸-油绝缘体系, 测试其整体的电介质频率响应, 通过系统电介质频率响应计算单独油浸纸的电介质频率响应。式(3)中, 设 $X = a/d$, 可重写为

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{1-X}{\varepsilon_o} + \frac{X}{\varepsilon_p} \quad (7)$$

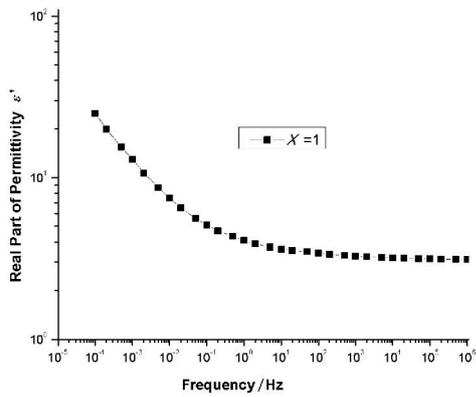
含油隙油纸绝缘体系复介电常数为

$$\varepsilon' = \frac{(\varepsilon'_o \varepsilon'_p - \varepsilon''_o \varepsilon''_p) [(1-X) \varepsilon'_p + X \varepsilon'_o] + (\varepsilon'_o \varepsilon''_p + \varepsilon''_o \varepsilon'_p) [(1-X) \varepsilon''_p + X \varepsilon''_o]}{[(1-X) \varepsilon'_p + X \varepsilon'_o]^2 + [(1-X) \varepsilon''_p + X \varepsilon''_o]^2} \quad (8)$$

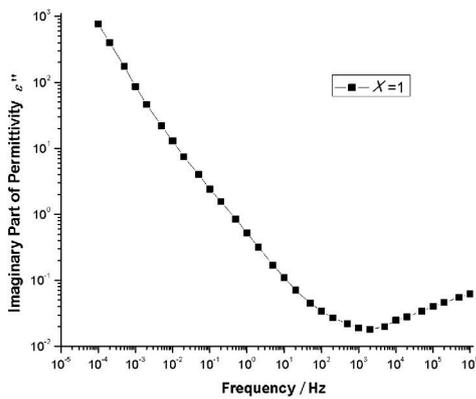
$$\varepsilon'' = \frac{(\varepsilon'_o \varepsilon''_p + \varepsilon''_o \varepsilon'_p) [(1-X) \varepsilon'_p + X \varepsilon'_o] - (\varepsilon'_o \varepsilon'_p - \varepsilon''_o \varepsilon''_p) [(1-X) \varepsilon''_p + X \varepsilon''_o]}{[(1-X) \varepsilon'_p + X \varepsilon'_o]^2 + [(1-X) \varepsilon''_p + X \varepsilon''_o]^2} \quad (9)$$

3 数值计算及试验验证

利用图2所示的测试系统,测试 $X=1$,即单独油浸纸电介质频率响应 ε_p ,如图6所示。



a) 复介电常数实部 ε'

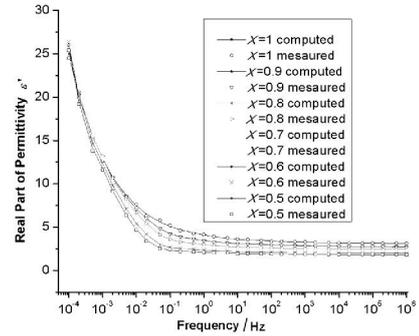


b) 复介电常数虚部 ε''

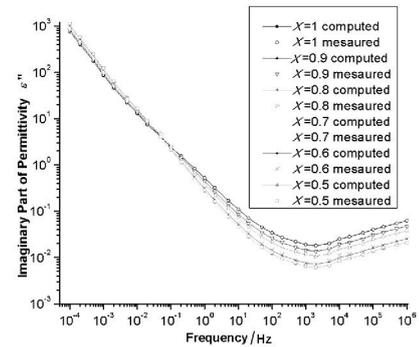
图6 单独油浸纸电介质频率响应

设定 X 为 $0.5 \sim 1$,即油隙逐渐增大过程中,测试系统电介质频率响应。并将图5、图6的数据带入式(8)、式(9)中,通过模型计算系统电介质频率响应进行对比。计算值及测试值如图7所示。

由图7可以看出,随着变压器油相对尺寸的增大,即 X 从1逐渐减至0.5的过程中,复介电常数实部在 10^{-3} Hz以下超低频略微增加,而在 10^{-3} Hz以上部分逐渐减小,随着频率增加,减小幅度越大,且随着 X 的减小,变化越为显著;复介电常数虚部体



a) 复介电常数实部 ε'



b) 复介电常数虚部 ε''

图7 不同几何结构 ($X=0.5 \sim 1$) 油纸绝缘电介质频率响应测试值及计算值

现了相似规律,只是由增大变至减小的分界点位于 0.1 Hz左右。实验值与计算值的最大误差实部 7.45% ,虚部为 8.1% ,主要原因为试验过程的随机误差及试验系统误差。

4 频率响应特性曲面拟合分析

为进一步分析任意频率下,不同几何结构对油纸绝缘电介质频率响应特性影响规律,根据基于参数拟合的曲面拟合法,进行曲面拟合。设自变量 y 一定的情况下,函数 f 与 x 可表达为多项式为

$$f(x, y) = \sum_{i=0}^n a_i(y) x^i \quad (10)$$

且令函数

$$a_i(y) = \sum_{j=0}^m b_{ij} y^j \quad (11)$$

则函数 f 与自变量 x, y 的关系可表达为曲面。

表1 不同几何结构($X=0.5 \sim 1$)油纸绝缘复介电常数实部拟合曲线参数

X	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
0.5	1.92×10^{-5}	-2.32×10^{-3}	0.031	-0.141	0.237	-0.110	1.966
0.6	-1.39×10^{-5}	-1.75×10^{-3}	0.028	-0.145	0.287	-0.211	2.201
0.7	1.99×10^{-5}	-1.75×10^{-3}	0.025	-0.135	0.315	-0.335	2.512
0.8	4.99×10^{-5}	-1.83×10^{-3}	0.023	-0.124	0.322	-0.446	2.903
0.9	1.60×10^{-4}	-2.68×10^{-3}	0.020	-0.096	0.297	-0.579	3.425
1.0	2.48×10^{-4}	-3.54×10^{-3}	0.019	-0.070	0.243	-0.681	4.109

表2 不同几何结构($X=0.5 \sim 1$)油纸绝缘复介电常数虚部拟合曲线参数

X	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
0.5	0.097	-0.973	1.407	8.915	-15.32	-21.33	18.08
0.6	0.090	-0.901	1.298	8.257	-14.11	-19.93	16.81
0.7	0.082	-0.829	1.203	7.556	-12.96	-18.31	15.54
0.8	0.076	-0.770	1.122	6.997	-12.01	-17.02	14.51
0.9	0.071	-0.719	1.052	6.522	-11.21	-15.92	13.63
1.0	0.067	-0.674	0.99	6.092	-10.51	-14.88	12.83

表3 表1参数 a_i 曲线拟合的参数 b_{ij}

i	j				
	4	3	2	1	0
0	5.279 17	-10.416 90	10.778 21	-3.549 20	2.017 75
1	3.391 67	-8.682 04	7.787 92	-3.992 54	0.813 36
2	0.533 33	-2.265 19	1.954 58	0.044 85	-0.024 44
3	-1.106 25	3.008 29	-2.560 15	0.792 83	-0.204 25
4	0.039 58	-0.031 44	-0.043 60	0.024 34	0.030 69
5	0.056 25	-0.161 99	0.151 98	-0.052 44	0.002 65
6	-0.006 75	0.018 45	-0.016 65	0.005 80	-0.000 61

表4 表2参数 a_i 曲线拟合的参数 b_{ij}

i	j				
	4	3	2	1	0
0	-64.210 40	194.060 10	-208.604 00	83.205 22	8.381 09
1	139.833 30	-428.019 00	474.660 80	-212.225 00	10.873 68
2	38.291 67	-115.018 00	119.897 90	-40.750 70	-12.933 40
3	-46.060 40	140.657 50	-154.249 00	65.937 43	-0.193 90
4	-0.179 17	0.228 61	0.709 29	-1.959 69	2.192 17
5	3.250 00	-9.848 33	10.570 00	-4.114 67	-0.531 06
6	-0.375 00	1.139 63	-1.233 92	0.499 88	0.036 06

$$f(x, y) = \sum_{i=0}^n x^i \sum_{j=0}^m b_{ij} y^j \quad (12)$$

令测试频率对数 $\lg f$ 为 x , 纸板相对大小 X 为 y , 测量所得油纸绝缘系统复介电常数实部和虚部分别

为 $f(x, y)$ 。 n 取 6, m 取 4, 用最小二乘法对 X 分别为 0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0 的 6 个点的曲线进行拟合, 得到 a_i 的数值见表 1 和表 2。

根据式 (8) 对每个 a_i 进行拟合得到 b_{ij} 的数值见

表 3 和表 4 即可得到纸板相对大小 X 在 0.5 ~ 1.0 之间,油纸绝缘系统复介电常数实部和与虚部与测试频率及纸板相对大小的关系曲面分别如图 8 所示。

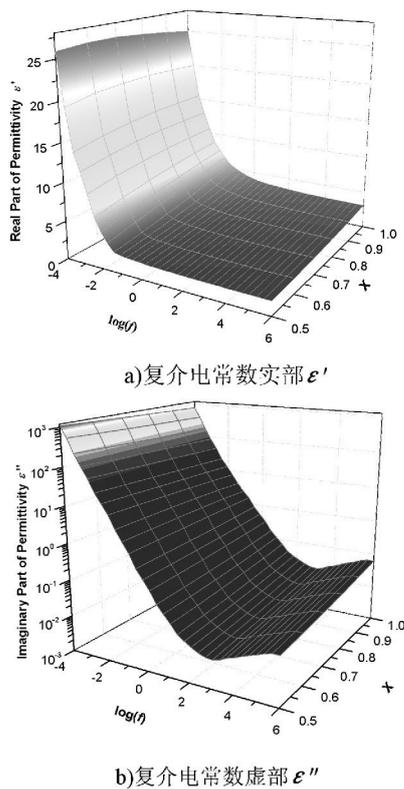


图 8 不同几何结构油纸绝缘电介质频率响应拟合曲面

根据参数拟合的曲面,获得油纸绝缘在几何结构 X 在 0.5 ~ 1 任意变化情况下,油纸绝缘电介质频率响应变化规律,为修正不同变压器几何结构电介质频率响应提供了依据。

5 几何结构影响规律分析

为直观理解油纸绝缘几何结构变化过程中,油纸绝缘电介质频率响应变化规律,对比分析油隙增大与单独油浸纸电介质频率响应相对变化量,记为

$$e_x = \frac{f(\lg f, X) - f(\lg f, 1)}{f(\lg f, 1)} \quad (17)$$

当 $X = 1 \sim 0.5$ 时,复介电常数实部及虚部相对变化量规律如图 9 所示。

可以看出,油隙增大对复介电常数实部主要起减小作用,只在最低频有微略增加,幅度减小最大出现在 0.05 Hz, $X = 0.5$ 时是 $X = 1$ 时相对变化达到 54%。油隙增大对复介电常数虚部在低频段起增大作用,高频段起减小作用。 $X = 0.5$ 时,随着频率增

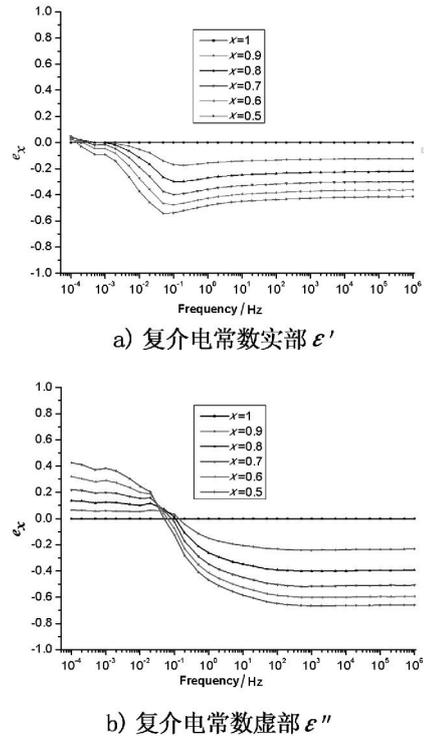


图 9 复介电常数实部及虚部相对变化量规律

高,相对变化量从正值最大 42% (10^{-4} Hz 时) 逐渐减小至正值最大 -66% (10^2 Hz 时), 10^2 Hz 后基本维持不变。

因此,在油纸绝缘频率响应特性的测试和分析过程中,必须将油纸绝缘几何结构作为一个不可忽略的因子,考虑其对油纸绝缘频率响应特性的影响,以便对油纸绝缘状态和水分含量进行准确评估。

6 结 论

根据 Maxwell - Wagner 理论,建立了不同几何结构油纸绝缘物理模型及其数值计算公式,并建立了油纸绝缘电介质频率响应测试系统,对不同油隙大小油纸绝缘电介质频率响应进行试验验证。结论如下。

(1) 试验结果与数值计算结果体现出良好的一致性,实验值与计算值的最大误差实部 7.45%,虚部为 8.1%,主要由系统误差及随机误差造成。

(2) 根据参数拟合的曲面,获得油纸绝缘在几何结构 X 在 0.5 ~ 1 任意变化情况下,油纸绝缘电介质频率响应变化规律,为修正不同变压器几何结构电介质频率响应提供了依据。

(3) 油隙增大对复介电常数实部主要起减小作

用,只在最低频有微略增加,幅度减小最大出现在0.05 Hz;油隙增大对复介电常数虚部在低频段起增大作用,高频段起减小作用。

在油纸绝缘频率响应特性的测试和分析过程中,必须将油纸绝缘几何结构作为一个不可忽略的因子,考虑其对油纸绝缘频率响应特性的影响,修正测试结果,以便对油纸绝缘状态和水分含量进行准确评估。

参考文献

[1] M. Wang, A. J. Vandermaar, K. D. Srivastava. Review of Condition Assessment of Power Transformers in Service [J]. IEEE Elec. Insul. Mag., 2002, 18(6): 12 - 25.

[2] L. E. Lundgaard, W. Hansen, D. Linhjell, et al. Aging of Oil - impregnated Paper in Power Transformers [J]. IEEE Trans. Power. Del., 2004, 19(2): 230 - 239.

[3] 刘君, 吴广宁, 周利军, 等. 油纸绝缘体系微水扩散的分子模拟 [J]. 高电压技术, 2010, 36(12): 2907 - 2912.

[4] T. K. Saha, Z. T. Yao. Experience with Return Voltage Measurements for Assessing Insulation Conditions in Service - aged Transformers [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2003, 18(1): 128 - 135.

[5] T. K. Saha, P. Purkait. Investigation of Polarization and Depolarization Current Measurements for the Assessment of Oil - paper Insulation of Aged Transformers [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2004, 11(1): 144 - 154.

[6] Linhjell D, Lundgaard L. Dielectric Response of Mineral Oil Impregnated Cellulose and the Impact of Aging [J]. IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, 2007, 14(1): 156 - 169.

[7] Jun Liu, Lijun Zhou, Guangning Wu, et al. Dielectric Frequency Response of Oil - paper Composite Insulation Modified by Nanoparticles [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2012, 19(2): 510 - 520.

[8] S. L. M. Berleze, R. Robert. Response Functions and After - effect in Dielectrics [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2003, 10(4): 665 - 669.

[9] J. Blennow, S. M. Gubanski. Field Experiences with

Measurements of Dielectric Response in Frequency Domain for Power Transformer Diagnostics [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2006, 21(2): 681 - 688.

[10] A. Dernfalk, Diagnostic Methods for Composite Insulators with Biological Growth [M]. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology, 2004.

[11] T. K. Saha, P. Purkait. Investigation of Polarization and Depolarization Current Measurements for the Assessment of Oil - paper Insulation of Aged Transformers [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2004, 11(1): 144 - 154.

[12] Vahe Der Houhanessian, Walter S. Zaengl. Application of Relaxation Current to On - site Diagnosis of Power Transformers [C]. 1997 IEEE Annual Report Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, Minneapolis, USA, 1997: 45 - 51.

[13] C. Ekanayake, S. M. Gubanski, A. Graczkowski, et al. Frequency Response of Oil Impregnated Pressboard and Paper Samples for Estimating Moisture in Transformer Insulation [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2006, 21(3): 1309 - 1317.

[14] C. Ekanayake. Diagnosis of Moisture in Transformer Insulation - application of Frequency Domain Spectroscopy [M]. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology, 2006.

[15] S. M. Gubanski, P. Boss, G. Csépes, et al. Dielectric Response Methods for Diagnostics of Power Transformers [J]. IEEE Electrical Insulation Magazine, 2003, 19(3): 12 - 18.

[16] B. Nettelblad. Effects of Moisture Content on the Dielectric Properties of Celulose [C]. Nordic Insulation Symposium NORD - IS, 1992: 6 - 12.

[17] Y. Sheiretov and M. Zahn. Dielectrometry Measurements of Moisture Dynamics in Oil - impregnated Pressboard [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 1995, 2(3): 329 - 351.

[18] Y. Du, M. Zahn, A. V. Mamishev, et al. Moisture Dynamics Measurements of Transformer Board Using a Three - wavelength Dielectrometry Sensor [C]. IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Montreal, Canada, 1996: 53 - 56.

[19] Jonscher A K. Dielectric Relaxation in Solids [M]. London: Dielectrics Press Limited, 1996: 66 - 110.

[20] 殷之文. 电介质物理学 [M]. 北京: 科学出版社, 2003:

57 - 65.
[21] 赵孔双. 介电谱方法及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社 2008: 50 - 57.
[22] L. J. Zhou ,G. N. Wu ,J. Liu ,Modeling of Transient Moisture Equilibrium in Oil - paper Insulation [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 2008 ,15(3) : 872 - 878.
[23] T. K. Saha ,P. Purkait. Understanding the Impacts of

Moisture and Thermal Ageing on Transformer's Insulation by Dielectric Response and Molecular Weight Measurements [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 2008 ,15(2) : 568 - 582.

作者简介:

刘君(1984),博士,主要从事高压电气设备绝缘状态评估及其方法研究。

(收稿日期: 2014 - 09 - 31)

《四川电力技术》投稿须知

《四川电力技术》是四川省电力公司主管、四川省电机工程学会和四川电力科学研究院联合主办的国内外公开发行的综合性学术的电力科技期刊,主要刊登电力系统的科研、规划、生产运行、设备和系统维护等方面的研究报告、专题论述、应用研究、经验交流、技术讨论等文稿,尤其是科研创新方面的论文。本刊热诚欢迎投稿。根据科技论文规范化的要求,本刊对来稿提出以下要求。

1) 文稿内容应具有科学性、创新性和实用性;论点明确、数据可靠、说明严谨、数学推导简明;语言流畅、文字简练、层次分明、重点突出。学术论文请按 GB 7713 - 1987《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》书写,篇幅以版面不超过 6 000 字(包括图表所占篇幅)为宜。

2) 文稿须写有中文摘要、关键词。摘要内容包括研究目的、方法、结果和结论四要素。摘要在 150 ~ 300 字之内。关键词是反映论文的词组,选 3 ~ 8 个。摘要及关键词、文章题目均附英文译文。

3) 文稿表格尽量采用“三线表”。表格上方写表序和表名。表注放在表底。插图应清晰、少而精,插图下方应有图序和图名。能用文字和表格描述的尽可能不用插图。

4) 来稿计量单位一律采用《中华人民共和国法定计量单位》和符号。

5) 文中或公式中外文字母符号要注明文种、大小写、上下标、正体、斜体。

6) 参考文献应尽量选用公开发表的资料,按在正文中出现的先后次序列于文后,以 [1]、[2]……标识序号,且与正文中的指标序号一致。按 GB/T 7714 - 2005《文后参考文献著录规则》、CAJ - CD B/T 1 - 2006《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范修证版试行稿》的要求著录文后参考文献。

文献类型及其标识为:普通图书 [M];会议论文 [C];报纸文章 [N];期刊文章 [J];学位论文 [D];报告 [R];标准 [S];专利 [P];汇编 [G];档案 [B];古籍 [O];参考工具 [K];其他未说明的文献类型,例如可公开的政府行政部门编号文件、行业或大公司的技术规范或工作手册 [Z];网上期刊 [J/OL];网上电子公司 [EB/OL]。电子文献尚需在载体标记后加上发表或更新日期(加圆括号)、引用日期(加方括号)和电子文献网址。

7) 投稿可通过 E-mail 提供电子文件,信箱为 cdscljs@163.com。稿件上注明详细地址、邮政编码、联系电话,并请自留底稿,本刊一律不退稿。作者在投稿 3 个月后可致电 028 - 87082036 或 E-mail 到编辑部了解审稿情况。

8) 本刊投稿自愿,文责自负。对录用稿件编辑部有权进行必要的删改,如不愿被删改,请在原稿上注明。

9) 本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、中国期刊网、北极星网站、万方数据库、《中国期刊全文数据库》等网站,稿件一经录用刊登,作者著作权使用费用及稿酬已一次付清,如作者不同意收录,请在来稿时提出声明,本刊将作适当处理。

来稿请寄:四川省成都市青华路 24 号《四川电力技术》编辑部收

邮政编码: 610072

电话: (028) 87082036 87082037

E-mail: cdscljs@163.com