

在线监测变压器绝缘油含水量新方法

揭景耀 刘 宏

(机械工程系) (电气工程系)

摘 要 介绍了一种薄膜电容湿度传感器,并论证其在监测变压器油中含水量的用途。
关键词 湿度传感器;变压器油;含水量
分类号 TM 855

0 引 言

在高压电气设备故障中,绝缘损坏故障占 80%,因而要求电业工作人员必须加强电气设备的监测与诊断,及时发现隐患以确保电力设备和人身安全¹⁹。电力变压器的绝缘性能取决于其设备绝缘中含水量程度¹⁹。在电力变压器中设备绝缘(固体的、液体的)必须保持一定干燥程度,其中最常见液体绝缘为变压器油,其离线预防性检测为例行取油样,并在实验室中进行分析,其缺点是分析费时,在油样运输、蓄存期间,变压器油的水份含量可能改变,而且也存在分析误差¹⁹。

对油浸电力变压器中绝缘油含水量在线监测要求,是电业工作人员的多年愿望¹⁹。另一方面,在油处理领域,其他测试装置中也有在线监测含水量的要求¹⁹。一种理想的监测方法应能准确地、灵敏地监测绝缘油含水量的变化;应能快速响应、重复性好;应能耐受油环境,特别能耐受变压器中热油环境¹⁹。

然而已商品化的湿度传感器,仅可用于气体环境的水份监测¹⁹而且传感器的结构材料和应用条件很难用于监测变压器绝缘油含水量¹⁹。

近来高分子薄膜电容传感器常用于在线连续监测¹⁹。由于高分子聚合物薄膜暴露在液体、气体中,使其介电常数产生变化¹⁹。结果引起电容变化并能换为电压、电流输出就可以计算水份含量¹⁹。初步研究表明,大部分薄膜电容传感器在空气中能工作得很好,但不适用于热变压器油中¹⁹。显然设计制造湿度传感器应该用耐高温聚合物薄膜¹⁹。

1 高分子薄膜电容湿度传感器

1.1 工作原理

图 1 所示为一种电容式湿度传感器,在一对电极间夹有高分子薄膜,它是伴随高分子膜

吸收或放出水分而引起电导率或电容的变化来测量环境相对湿度的装置¹⁹。以测定电容器的容量值变化来测量环境中相对湿度¹⁹其中,电极是极薄的金属蒸镀膜,透过电极,高分子膜吸收或放出水份¹⁹。

1.2 基本结构

聚酰亚胺是一种耐高温的电容式湿敏元件的优质材料¹⁹。由聚酰亚胺薄膜构成的电容传感器能工作于电力变压器高温绝缘油中¹⁹。

传感器是一个 4mm × 4mm 厚 0.65mm, 由几层组成的芯片, 基片是几乎同样厚的氧化铝片¹⁹把一对叉指型的电极沉积在基片上, 在它上面是聚酰亚胺感湿薄膜层(1μm 厚)¹⁹。一种导电性网孔屏沉积在该薄膜上面(另一电极), 最上面是另一层聚酰亚胺薄膜组成的保护层¹⁹。如图 2 显示传感器结构简图¹⁹。

1.3 湿度(水份)变送器的构成

图 3 为一实用的湿度(水份)变送器的照片¹⁹。有机高分子电容式湿度传感器就安装在该湿度变送器长杆的下端¹⁹。传感器和插座形成可拆结构¹⁹。通过同轴电缆引出信号, 传感器输出电压信号, 也可变换成电流信号输出, 然后再变换成 %rs 和 ppm 值¹⁹。变送器使用直流 24v 供电¹⁹。只要将变送器的长杆插入待测电力变压器绝缘油中, 实现变压器绝缘油含水量在线监测¹⁹。在变送器表头中可读出所测的含水量¹⁹。

1.4 吸湿机理

聚酰亚胺薄膜吸湿机理在过去已有研究^[2]¹⁹。可以相信, 在聚酰亚胺单分子体之间, 由于氢键作用把水分子结合在一起如图 4 所示¹⁹。聚酰亚胺的介电常数, 随吸收水份而变化¹⁹。电容以同样形式变化, 湿敏电容的电容量随环境相对湿度的改变而变化¹⁹。

1.5 传感器的特性

1.5.1 传感器在空气中的特性

空气中 Hy-Cal 湿度传感器主要技术指标:

薄膜类型: 热固型高温聚合物薄膜;

测湿范围: 0~100% %RH;

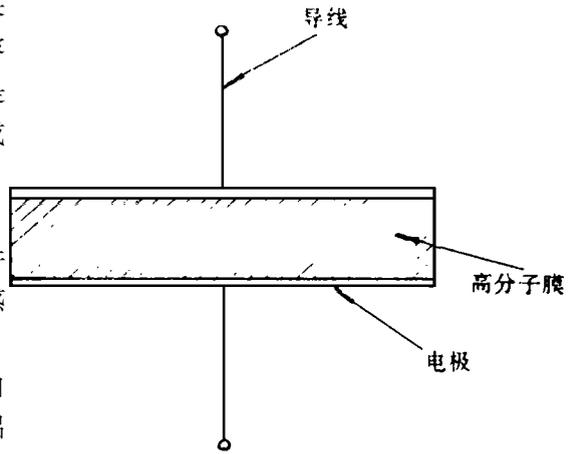


图 1 电容式湿度传感器原理图

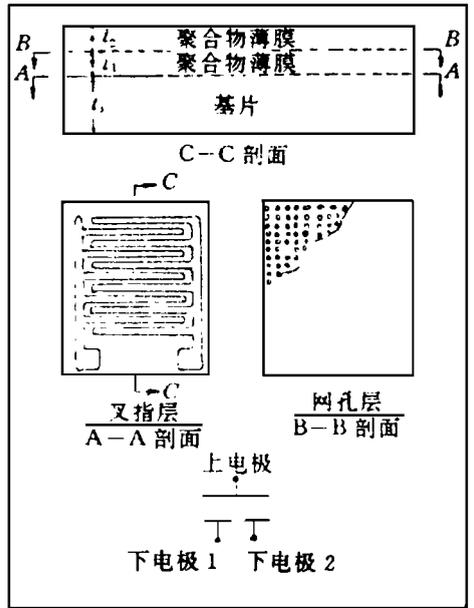


图 2 传感器结构简图

应用温度范围: $-45 \sim 185^{\circ}\text{C}$ (一般用 $-40 \sim 80^{\circ}\text{C}$);
 线性: 极好, $\pm 1\% \text{RH}$;
 迟滞: 低, $\pm 1\%$;
 精度: $\pm 2.5\% \text{RH}$ (在 25°C $0 \sim 93\% \text{RH}$);
 $\pm 1\% \text{RH}$ (运用在用户设定值 $10\% \text{RH}$ 内);
 可重复性: $\pm 0.5\% \text{RH}$;
 传感器输出: $4 \sim 20 \text{ mA}$ (相应于 $0 \sim 100\% \text{RH}$)¹⁹.

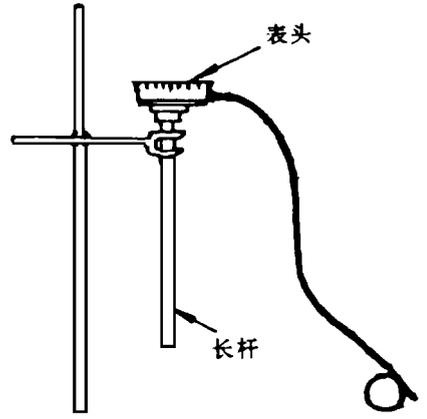


图 3 湿度(水份)变送器

1.5.2 传感器在变压器油中的特性

传感器应用于变压器绝缘油中, 经试验显示出传感器能很好响应变压器绝缘油中水份变化, 它也能很好响应其他绝缘液体中水份变化¹⁹. 将传感器适当校准后能测出绝缘液体中水份含量¹⁹.

下面为该传感器在变压器绝缘油中测试情况:

(1) 温度范围

例行校准在 $20 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围, 使用在变压器中时, 应用温度范围为 $0 \sim 80^{\circ}\text{C}$, 可以相信该传感器在零下温度也能很好工作, 在短期应用中油温高达 125°C 也无不利影响¹⁹.

(2) 响应

传感器的响应通过适当变换装置可输出为(以下表示方法) mA 、 V 、 RH 、 ppm ¹⁹. 就水份测量而言, $\% \text{RH}$ (同样为相对饱和 $\% r_s$) 或 ppm 是常用单位¹⁹. 该传感器可响应油中含水量变化(在 $0 \sim 100\% r_s$ 范围内)¹⁹. 为取得比较好的性能, 要求在油中轻微搅动¹⁹.

(3) 灵敏度

在室温下, 该传感器能分辨绝缘油中低至 $1 \sim 2 \text{ ppm}$ 水份变化, 其灵敏度取决于油温¹⁹.

(4) 重复性

在室温下, 实验显示该传感器能给出重复读数在 $1 \sim 2 \text{ ppm}$ 以内¹⁹.

(5) 迟滞

当油中含水量从小到大和从大到小几次, 传感器读数紧靠其校准值, 其偏差小于 $\pm 5\%$ ¹⁹. 必须指出, 对变压器油的搅动对减少迟滞效应有重要作用¹⁹.

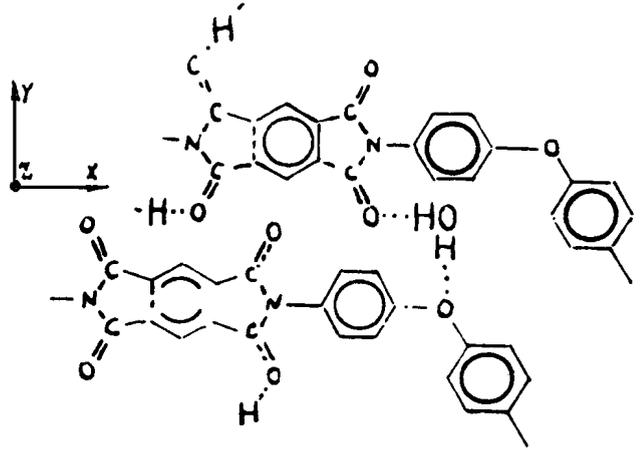


图 4 聚酰亚胺吸湿机理

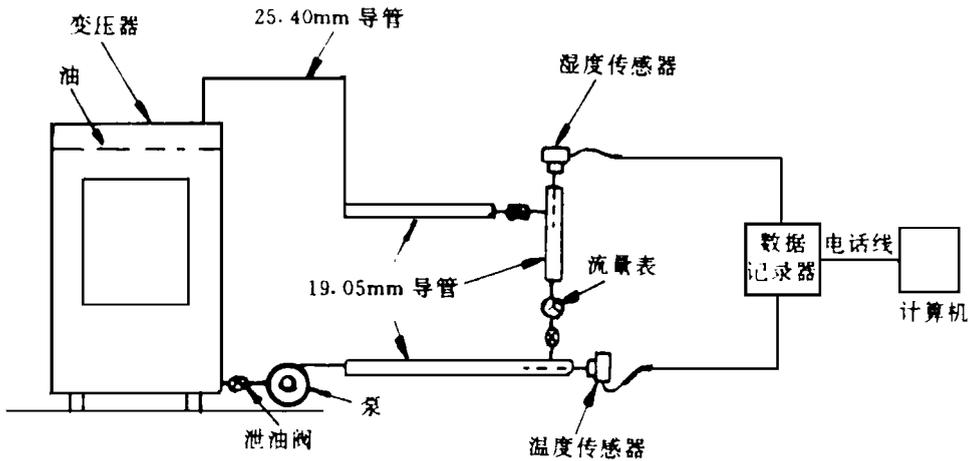


图5 变压器中绝缘油含水量在线监测系统实验

2 高分子薄膜电容湿度传感器用于在线监测的实验验证

为了证实 Hy-Cal 湿度传感器能用于在线监测,文献^[3]设计下面的实验如图 5 所示。湿度传感器安装在 500kVA 试验变压器的外回路中,一个小型循环泵用于使回路油流动。该变压器带有比较潮湿的绝缘纸,所以,变压器中变压器油呈现较正常高些的水份。传感器的输出是电压,它可转换为电流,然后再转换为相对饱和值,和 ppm。一个装有内变换装置的数据记录器用来取得所含水份的读数。一台个人计算机通过电话线收集这些数据。另一方面,一个仪表读数记录器,能用于取得毫安输出值,然后它被转换为所含水份读数。

除去湿度传感器外,也使用一个电阻温度计式的温度传感器。根据其温度读数,观察变压器加电与断电期间的温度变化情形。为计算 ppm 值也需要知道油温。变压器加电从室温状态一直到稳定全负荷,然后断电冷却。

图 6 显示出在这些情况下,变压器油中温度和含水量的变化。

图 6(a) 显示在变压器加电和断电期间,温升变化典型模式。

图 6(b) 显示变压器油中含水量 ppm 变化情况,它类似于温度变化情况。这是因为温度上升,绝缘纸能放出更多水份进入变压器油中,力图保持同样的相对饱和。当变压器断电后,变压器油中过量水份能趋向于返回绝缘纸内。

图 6(c) 显示在加电和断电期间变压器油中水份相对饱和变化图。理想情况应是平直线,但是因为纸和油之间水份转换不是很快,一些不规则的情况可产生;起始下降是由于油中突然温度上升使得油更干燥,最终来自纸内的水份将返回到油中达到初始干燥度,在恒定负载时相对饱和趋于稳定。

在断电期间,温度下降很快,但是油中的过量水份返回到纸中较慢,结果在 6(c) 图中出现“驼峰”,高于油中正常饱和值区域。假如断电在寒冷气候时,这种“驼峰”更为明显,其水份饱和值可达 50%~100%。这是一种非常危险的情况。所以,湿度传感器的相对饱和读数是一种水份饱和程度的有价值的指示器。重新加电在油中带有高饱和水份的变压器是危险的,湿度传感

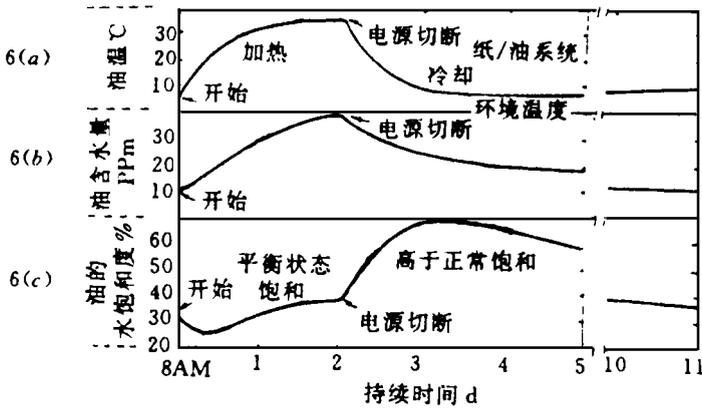


图 6 变压器油中含水量监测

器能设定危险状况的报警值¹⁹。

在平衡状态时,绝缘纸中含水量与油中含水量有关,所以,在油中含水量的测量,可以估计绝缘纸内的水份¹⁹。可以指出,当变压器加电时,特别是在过载情况下,纸中高水份量能引起水泡发生¹⁹。所以,湿度传感器(虽然用在油中)能给出纸绝缘状态间断信息¹⁹。

在正常使用的完全干燥变压器中,湿度传感器能给出非常低的读数¹⁹。为取得可靠的结果,该传感器应仔细校准¹⁹。典型的情况是在运行变压器中,变压器油有很低水份饱和度(5%~10%)¹⁹。然而,因为使用变压器是在 60~80°C 范围内,其含水量 ppm 值应在 10~40 ppm 之间¹⁹。

3 结束语

(1) Hy-Cal 湿度传感器可在较大的温度范围内,且相对饱和范围较宽,对变压器油的含水量在线监测¹⁹。

(2) 该传感器特别适用于运行变压器中监测其绝缘油中含水量¹⁹。并特别适用于在断电期间危险含水量状态进行报警¹⁹。

参 考 文 献

- 1 A·C 夫兰克林编¹⁹。变压器全书¹⁹。北京:机械工业出版社,1988
- 2 J Melchet· Dielectric effects of moisture in polyimide IEEE Trans on Electrical insulation, 1989, 24(1): 31~38
- 3 T·V Oommen· On-line moisture sensing in transformers, 1992 IEEE Electrical electronics insulation conference, 236

(下转第 20 页)

Implementation of Object Driven QBASIC Language Programing Training System

Ding Zhengfan

(Campus Network Center)

Abstract This programing training system is based on the comparision of student's program and teacher's program. The alogrithm and statements of student's program must confirm to the demands of teacher's program. But some flexibilities are provided in following aspects such as variable naming, expression equivalence checking, string comparing, statement sequence dynamic adjusting and optional items supporting.

Key words computer-assisted instruction; program comparision; expression equivalence

(上接第9页)

A New Method for On-Monitoring of Moisture in Transformer Oil

Jie Jingyao

(Mechanical Engineering Department)

Liu Hong

(Electrical Engineering Department)

Abstract This paper describes the thin film capacitive humidity sensor in transformer oil and demonstrates its usefulness in monitoring moisture content in transformers.

Key words humidity sensor; transformer oil; moisture content