

一种新型全自动绝缘油介质损耗数字测量仪

胡雁, 彭楚武, 崔春来

(湖南大学电气与信息工程学院, 湖南长沙 410082)

A New Type of Automatic Digital Tester for Insulating Oil Dielectric Loss Measurement

HU Yan, PENG Chu-wu, CUI Chun-lai

(Hu'nan University, Changsha 410082, China)

摘要: 介绍了一种新型全自动绝缘油介质损耗测量仪的系统工作原理和实施方案,对测量误差进行了分析,并详细介绍了提高测量准确度的办法和抗干扰措施。

关键词: 绝缘油; 介质损耗; 数字测量

中图分类号: TM835.4

文献标识码: B

Abstract: This article introduces a new type of automatic insulating oil dielectric loss measurement instrument, illuminates the principle and solution of its system and analyzes the error of measuring. The method of how to improve measuring precision and the way of anti-disturbances are introduced in detail.

Key words: insulating oil; dielectric loss; digital measure

1 引言

对于绝缘油介质损耗的测量,目前普遍采用的是手动升温测温、手动升压、手动测量的方法进行,往往具有控温不准、测试时间长、测试准确度不高的缺点。笔者提出的油介损自动测试系统采用自动升温控制和自动升压测试介损方式,温度控制及介损测试的准确性得到了提高,测试时间大为缩短,操作简单,有利于充油设备的安全运行。

2 检测装置的基本工作原理

若知道试品上的电流和电压夹角,就容易求出介损角正切 $\tan\delta(\delta=90^\circ-\varphi)$,因此 $\tan\delta$ 的测量可以转化为电流和电压之间相位差的问题。目前比较成熟的介损的相位差测量方法是利用比较器的“过零比较法”原理,把相位差转换为时间间隔,通过计数标准频率的脉冲数来计算出相位差。检测原理见图1。

在工频交流 2 000 V 电压下进行测试,以达到国家标准要求的电场强度 1 000 V/mm 的要求(电极杯间隙为 2 mm)。考虑到直接测量电压相位较困难,

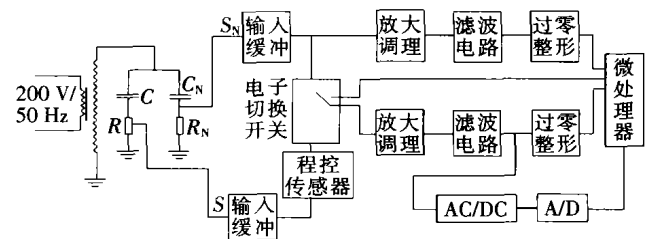


图1 测量原理图

采用了比较法测量。将工频电压加在测量电极杯 C 和一个无介质损耗的内置式电容(标准电容器 C_N)上,通过取样电阻,将流过测量电极杯和标准电容上的信号 I 和 I_N 取样出来,通过测出两个电流信号的相位差,计算出测量信号的介质损耗角,通过比较两个信号值的大小,得出测量信号的电容值。

微处理器采用 W77E58 芯片,完成介损检测和温度控制的功能,它具有的 4 时钟/机器周期性,能够满足高速脉冲计数的要求。采用 TLC2543 作为 A/D 转换器,它为 16 位的串行模数转换器,准确度较高且能节省单片机的 I/O 资源,完成信号幅值以及温度、湿度信号的采样。

3 保证仪器测量准确度的措施

由于绝缘油介质损耗的测量属于高电压、微电流、小角度的精密测量,因此保证仪器的测量准确度非常重要。采用相位差法测量介质损耗的误差主要包括:数字化误差(即脉宽测量误差)、零点漂移带来的误差、谐波引起的误差和电路自身的误差。针对以上误差,系统均采取了相应的措施。

3.1 数字化误差

相位脉冲的量化一般采用单片机内部集成的定时-计数器,即在过零整形后的方波信号上升沿和下降沿响应中断来开启和关闭定时计数器,对于 51 单片机而言,假定系统工作频率为 12 MHz,则最小定时周期为 1 μ s,加上中断响应时间,相对 50 Hz 的工频,测量误差将超过 0.1%,难以满足规程要求。为了

减小相位量化误差,系统采样了更高频率的计数脉冲,使用 24 MHz 的 W77E58 芯片,最小定时周期达到 0.016 μ s。中断响应误差难以消除,因此系统采用查询方法,即在测量时关闭中断,对于信号的上升沿和下降沿不断进行查询,从而避开了中断响应带来的误差,这样数字化误差可以小于 0.005%,达到测量规程要求。

3.2 零点漂移误差

当比较器失调和温漂时,不管是上升沿还是下降沿的过零鉴相方法都将带来误差,该测量系统应用了文[1]提出了双向过零平均鉴相技术,对正向过零鉴相和负向过零鉴相的结果取平均值,即取 $\varphi = (\varphi_R + \varphi_F)/2$,使测试值更接近真实值,以减小零漂带来的误差。

3.3 模拟和数字滤波

由于电网中谐波分量的存在,以及高压试验变压器也会产生干扰谐波,加上试品电容对高频分量呈低阻抗,反而对于谐波有一定的放大作用,因此采样得到的信号波形往往产生畸变,影响到采样信号的过零点。以 3 次谐波为例,设 3 次谐波分量为基波的 1%,当其正半波位于基波负半波处时,可以求得其影响为 $\Delta \tan \delta = 0.3\%$,测量误差太大。

为了消除谐波干扰,在测量仪器的设计中采用了模拟滤波结合数字滤波的方法达到抗干扰的目的。模拟滤波电路采用巴特沃斯二阶有源低通滤波器,四级级联,结构见图 2。

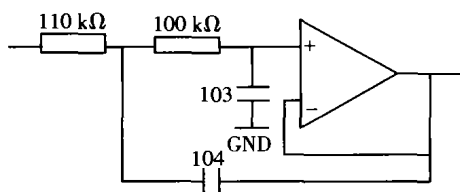


图 2 二阶巴特沃斯低通滤波器

信号经采样后,在软件中编制了数字滤波程序,采用去极值平均值滤波方法,进一步对采集数据进行抗干扰的处理。

3.4 测量系统自校准

介损角的测量来源于两个同频率信号的相位

差,传统的做法是让两个信号分别从两个电路通道通过,然后通过鉴相器鉴相。在这个过程中,即使采用相同的元器件,两个通道也不可能做得完全一样,它们引起的附加相移是不同的,而且由于电路中各种参数和噪声在不断变化,这时所引起的相移涨落也是一个不容忽视的误差来源。为了解决这个问题,该系统采用测量通道分时通过的办法。

两个通道中,一路固定让参考信号通过,称为标准通道,另一称为测量通道。测量通道的入口装配一个高速的电子开关,分时接入参考信号和测量信号。在参考信号接入时,采集器采集的是同一信号(参考信号)在通过了标准通道和测量通道后的相差,这个相差与信号无关,而只是两个电路通道本身的相移,采集器采样后,将这个相差记忆下来。当测量信号接入时,采集器可以采集到一个相差,这个相差包含测量相差和两个电路通道的相差。两次采样后,通过软件处理,可以把电路引起的误差消除,从而形成一个自校准过程。

4 温度控制

绝缘油温度采样采用电流型温度传感器 AD590,其线性度好,适用范围为 $-55 \sim 150$ $^{\circ}\text{C}$,满足各类绝缘油温度控制要求。将电流温度信号通过电流/电压转换为 $0 \sim 5$ V 电压信号,再通过 A/D 转换成数字量,输入给单片机。单片机根据实测温度与设定温度进行 PID 运算计算出控制字,控制字通过固态继电器驱动电加热带对电极杯进行加热,来达到控制温度的目的。

5 结语

使用该仪器可对各类绝缘油的 $\tan \delta$ 值进行快速、方便、准确的测量,测试数据准确、稳定、重复性好。

参考文献:

- [1] 吕延峰,钟连宏,王建华. 绝缘介质损耗角的数字化测量研究[J]. 高电压技术, 2000, 26(5): 38.

作者简介:胡雁(1979-),男,在读硕士,研究方向为高压电气设备的绝缘监测。

(上接第 292 页)

过规程规定的值。所以在制造设计时要对稳定绕组的额定电压选择和变压器内部结构布置进行验算,保证稳定绕组对低压绕组的影响在可以接受的范围之内。从目前的运行经验看,稳定绕组额定电压选 11 kV 比较合适。对已经投运的该类变压器,要严格限制系统的运行方式,保证变压器中性点的位移电压不超过规程规定的值,进而保证系统内设备的安全运行。待条件允许,对变压器稳定绕组进行改造,

降低其额定电压,从而彻底解决该类问题。

参考文献:

- [1] 要焕年,曹梅月. 电力系统谐振接地[M]. 北京:中国电力出版社, 2000.

作者简介:贾俊(1975-),男,工程师,从事电力系统高压电压管理工作。