

[超声波检测]

超声波法检测在海上平台 变压器局部放电研究

文/中海油能源发展股份有限公司 郭 剑
中海油能源发展装备技术有限公司 郑 岩

针对传统方法检测局部放电信号应用于海上平台变压器的局限性，采用压电传感器研制了局部放电的超声波检测系统，尤其是对传感器部分进行了深入研究。根据海上平台变压器局部放电的特点，选用适当的传感器，并设计前置电路，利用该系统对空气中的局部放电进行了检测。

对海上平台变压器进行局部放电监测是保证电气设备正常运行安全性的一项重要预防性监测措施。局部放电如果长期存在，会加速设备老化，甚至会造成绝缘破坏、影响设备的正常运行，更严重的会发生爆炸等，造成财产损失和人员伤亡。海上平台变压器进行局部放电在线监测是了解设备的绝缘状况，确定故障产生的部位及其原因的最有效手段之一，有利于及时发现并解决故障和问题。

变压器因多种不同的原因而出现局部放电时，会产生电脉冲、气体、超声波、电磁辐射、光、局部过热及能量损耗等现象，对应局部放电的伴生现象，通常采用电脉冲检测法、气相色谱检测法、超声波检测法、电磁波检测法和光检测法等多种检测方法。将主要对超声波检测法当中的超声探测传感器及其前置电路进行研究。

超声波检测方法

传统测量局部放电通常采用脉冲电流法。它是通过测量设备发生局部放电时产生的脉冲电流来确定视在放电量、局部放电脉冲等参数，技术成熟，可以对放电量进行估算，但抗干扰能力差，现场测试的精度受环境影响很大；化学检测法抗电磁干扰能力比较强，但受到设备内部吸附剂、干燥剂以及断路器开断时产生的电弧分解气

体的影响较大，其灵敏性较差；光学检测法需多个传感器，成本较高，在现场应用很少，一般只在实验室作研究应用。另外，相位门极控制法、有限时域差分法还处于理论研究的阶段，没有成熟的仪器装置应用到现场。

超声波检测技术对高压电气设备的检测具有易于实现带电检测、便于空间定位和抗干扰能力较强等特点。目前采样超声波检测技术测量局部放电信号是将超声波传感器贴在接地的高压电气设备外壳进行检测，对设备的运行和操作没有任何影响，从而减少了设备停电检查的时间，提高了设备的供电可靠性。高压电气设备局部放电产生的声波频率分布范围很广，包括了超声波频率，而现场的环境干扰（如运行中变压器的励磁噪声，散热器风扇、冷却器噪声、潜油泵噪声和循环油噪声等）的频率大多属于可听声音频段，因此，选择局部放电产生的超声频段进行检测容易避开背景噪声干扰的影响。

海上平台变压器的局部放电在线监测是在设备带电情况下进行长时间持续监测，变压器发生局部放电时分子间发生剧烈碰撞并在宏观上瞬间形成一种压力，产生超声波脉冲，信号波长较短，方向性较强，因此它的能量较为集中，这样的特性更有利于辨别其方向和位置。将基于谐振原理的声发射传感器置于设备外壳

上检测这一脉冲信号，然后经过前置放大、滤波等处理环节，进而通过信号分析以确定设备的绝缘状况。采用超声波方法检测变压器局部放电的流程如图1所示。

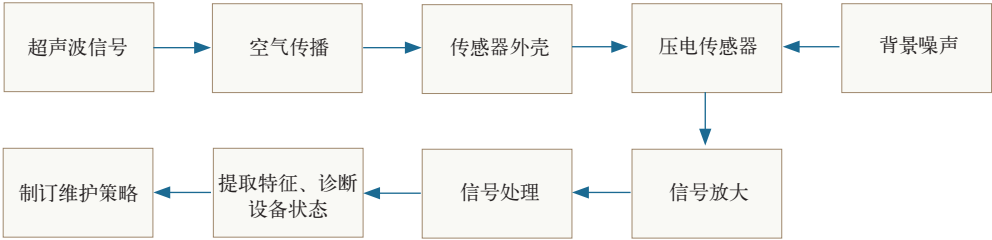


图1 超声波检测局部放电流程

超声波传感器特性

超声波传感器按收发形式，通常分为收发一体和收发分体两类，按应用环境不同分为开放式和接触式。海上变压器在线监测根据应用需求和节省成本的原则，使用收发分体当中的超声波接收传感器，采用开放式。

超声波传感器示意图如图2所示，一个复合式振动器被灵活地固定在底座上。该复合式振动器是谐振器以及由一个金属片和一个压电陶瓷片组成的双压电晶片元件振动器组成的一个结合体。谐振器呈喇叭形，目的是能有效地辐射由于振动而产生的超声波，并且可以有效地使超声波聚集在振动器的中央部位。当电压作用于压电陶瓷时，就会随电压和频率的变化产生机械变形。另一方面，当振动压电陶瓷时，则会产生一个电荷。利用这一原理，当向由两片压电陶瓷或一片压电陶瓷和一个金属片构成的振动器，即双压电晶片元件，施加一个电信号时，就会因弯曲振动发射出超声波。相反，当向双压电晶片元件施加超声振动时，就会产生一个电信号。基于以上作用，便可以将压电陶瓷用作超声波传感器。开放式超声波传感器结构如图2所示。

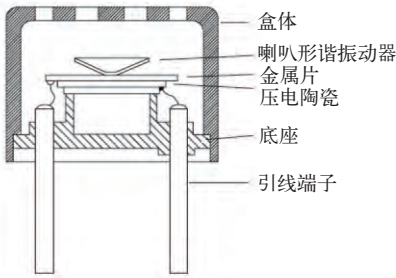


图2 超声波传感器结构图

虽然在放电过程中会产生从20 kHz到200 kHz各个频率不等的超声波，但是在空气中频率越高，信号衰减的就越快，如图3所示。

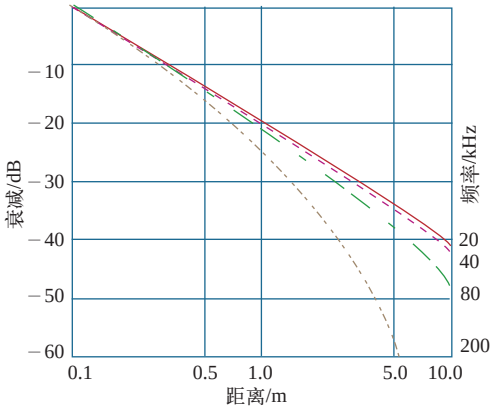


图3 声压在不同频率下的衰减特性

如下表所示，选择MA40B8R型号超声波接收传感器。

表 几种超声波传感器特性

项目	品名	MA40S4R/S	MA40B8R/S	MA40B7
结构		开放型		
使用方法		接收器和发送器 (双用途)型		结合型
标称频率/kHz		40	40	40
总灵敏度/dB		—	—	-45 ⁺⁴ ₋₅
灵敏度/dB		-63±3	-63±3	—
声压/dB		120±3	120±3	—
方向性/deg		80	50	44
电容量/pF		2550±20%	2000±20%	2000±20%
工作温度范围/℃		-40~+85	-30~+85	
可探测范围/m		0.2~4	0.1~6	0.2~4
分辨率/mm		9		
尺寸/mm		φ 9.9×7.1 h	φ 16×12 h	φ 16×12 h
重量/g		0.7	2.0	2.0
容许输入电压 /V _{p-p}		20	40	100
		矩形波 40 kHz	矩形波 40 kHz	矩形波 40 kHz
		连续信号	连续信号	脉冲宽度 0.4 ms 间隔 100 ms
包装数量/件		540	150	150

前置电路设计

信号从传感器进入前置电路，超声波传感器产生的信号电压一般为微伏级，为了增加信号抗周围环境干扰能力需要并联一个电阻，同时并联二极管用以抑制信号输入端电涌，电容可以隔离超声波传感器与后端电路的直流通路，起到保护传感器的作用。

电路信号放大部分考虑到放大器的可靠性

采用三级放大，晶体管Q1作为一级放大，由于输入信号过小，不能达到晶体管放大下限，所以采用直流升压的方式对信号进行处理，升压后的信号通过晶体管放大后幅值基本接近毫伏，再通过电容滤除直流送入二级放大电路。二级放大和三级放大由一个双运放大器构成，放大倍数可由精密变阻器调节。三级放大电路如图4所示。

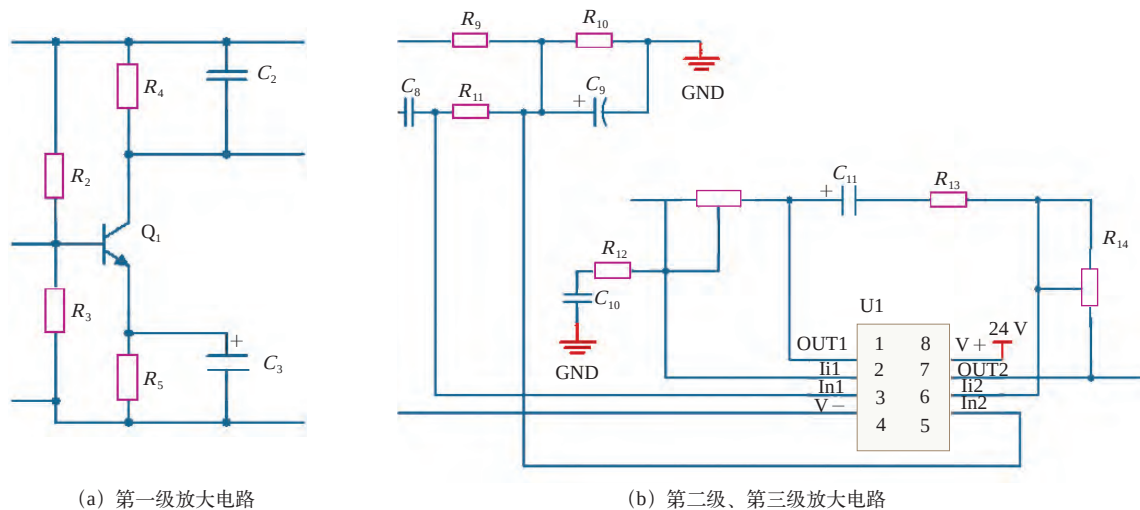


图4 前置电路三级放大部分

最后在输出部分加入二阶RC高通滤波网络，用以滤除信号中由电源产生的低频信号。

试验结果及分析

在实验室利用局部放电源，进行了空气中局部放电超声波检测试验，放大倍数调节为2 000，结果如图5所示。

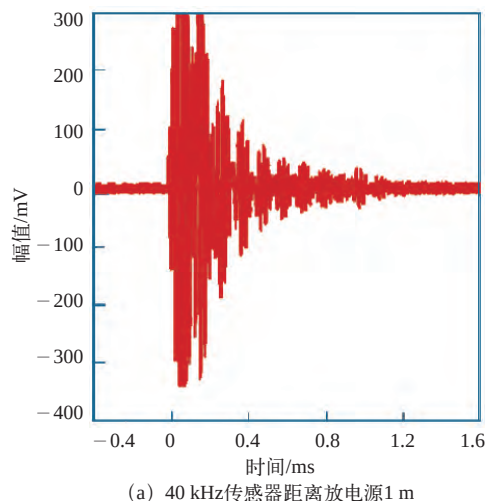
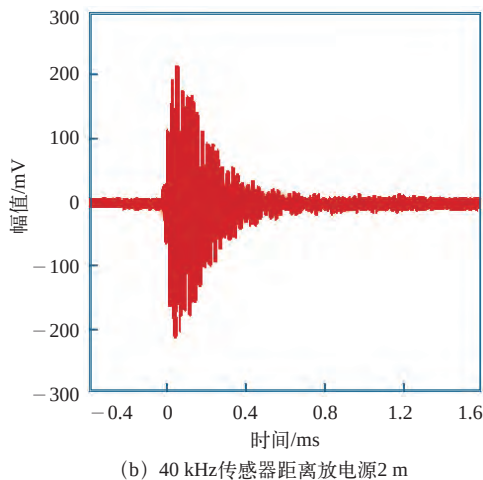


图5 超声传感器实验结果

进行放电源试验，为方便对比，图5中检测到的信号幅值均为每格100 mV。由图5可见，检测距离增大一倍时，信号幅值有明显减小，大约是一半的比例。按照声信号的能量与信号幅值平方成正比，可得超声波信号在空气中的传播时，信号强弱与放电源的距离的平方成反比。

结束语

目前利用超声波法测量局部放电的主要局限性是不能进行定量分析,检测灵敏度不是很高。对于检测来自绝缘材料内部的缺陷,虽然绝缘体内部缺陷将使放电上升、产生电树枝,并可能引起击穿,但由于绝缘固体中超声波信号衰减很大,故超声波检测法很难检测到绝缘材料中的缺陷等。并且由于声波在传播途径中衰减、畸变严重,声测法基本上不能反映放电量的大小。

在今后的海上平台变压器局部放电检测方法中,超声波与其他电量信号的联合检测方法将成为在线监测的主要发展方向。在对电气设备进行巡检时,可首先利用超高频或特高频等电量信号检测手段快速确认被测设备是否存在局部放电缺陷,然后利用超声波法确定电气设备的缺陷部位及特征。两种方法联合使用能取长补短,为确认被测信号来源、彻底消除误判提供了保证。EA

(收稿日期:2015.01.23)

(编辑:刘群点)

安科瑞电气协办2015年无锡市土木建筑电气学会年会

日前,由安科瑞电气股份有限公司协办的“无锡市土木建筑工程学会电气专业学术委员会2015年年会”在江阴市新东亚大酒店盛大召开。本次会议旨在大力推广无锡地区、江苏省和全国部分建筑设计任务的新产品和新技术。

2015年6月12日,众专家来到安科瑞电气江阴生产基地,安科瑞市场部总监朱芳女士向专家致欢迎辞,各产品工程师介绍安科瑞大型公建、厂房能耗监控系统。子系统有用户变电站电力监控系统、建筑光伏发电系统、电能质量治理系统、分项计量系统、消防设备电源监控系统,医院IT隔离电源系统、智能照明系统解决方案,后依次参观了安科瑞电气生产车间、测试中心,考察了生产、调试和质检等生产工艺流程。强大的生产能力、先进的自动化生产设备、严格的品质要求、科学化的生产管理及人性化的能效系统解决方案令众专家们赞不绝口。

6月13日,2015年无锡市土木建筑电气年会如期举行。江苏省建筑电气专委会主任管清宝教授级高工、副主任邹万流教授级高工等协会领导出席会议,此次会议盛情邀请到标准院孙兰总工到会作《火灾自动报警系统规范图示》讲解,规范中强调了电气火灾监控系统对建筑电气安全的重要性及设置细节。

会中,安科瑞电气股份有限公司系统集成部工程师胡勇祥给大家做了“智能电网用户端能效管理解决方案”主题报告,报告中突出介绍了安科瑞自主研发的Acrel-6000电气火灾监控系统产品,已顺利通过公安部消防产品合格评定中心的审核,获得中国国家强制性产品认证CCC证书。



▲ 标准院总工孙兰讲解《火灾自动报警系统规范图示》



▲ 安科瑞江苏区经理张士全带领无锡团队