

电磁超声技术在变电站 GIS 管道裂纹检测中的应用研究

王伟,潘晓明,张永生
(苏州供电公司,江苏苏州 215004)

摘要:研究了利用电磁超声导波来检测 GIS 管道裂纹缺陷,设计了电磁超声换能器并进行了裂纹检测实验研究。实验结果表明,该方法可以有效检测 GIS 管道的裂纹缺陷,是一种有前景的 GIS 管道裂纹检测方法。

关键词:GIS;导波;电磁超声换能器;裂纹检测

中图分类号:TM973

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2011)05-0082-03

为了节约土地,现在越来越多的变电站使用 GIS 设备。这些 GIS 管道工作于高压状态下且受到各种侵蚀,容易出现裂纹,严重影响 GIS 的安全运行。对于 GIS 管道外部的细小裂纹,在造成 GIS 内部气体泄漏之前,无法用放射法或压力检测法等检测,但这些裂纹对 GIS 的安全运行构成巨大威胁。利用电磁超声导波对 GIS 管道进行检测,可以发现其微小裂纹,从而及时采取补救措施。电磁超声导波检测法是利用电磁感应的方法直接在被检测管道内激发超声导波,无需任何耦合剂,这是其相对于压电超声法的优点之一。该方法不需要与被检测体接触,所以不需对管道外壁清洗或做其他处理,可以适用于高压管道的在线检测^[1]。可见,利用电磁超声导波检测变电站 GIS 管道的裂纹缺陷是一种有应用前景的检测技术。

1 电磁超声原理

根据磁致伸缩效应原理,既然磁场能够引起铁磁性材料微观结构的变形,若对铁磁性材料施加交变磁场,交变磁场就会使其周期性变形,而微观结构的变形就使其产生振动,振动就可以激发出声波。因此,可以对铁磁性材料施加高频交变磁场,使其周期性伸缩振动,从而激发出超声波。本文根据这一原理设计电磁超声换能器(EMAT)^[2],利用 EMAT 在铁磁性材料中激发超声波。同时,铁磁性材料的伸缩振动,会使其微观磁畴周围磁场产生变化,这就是磁致伸缩逆效应。根据磁致伸缩逆效应可以接收超声波信号。

2 电磁超声换能器设计

EMAT 由三部分组成:偏置磁场、弯曲线圈和被检测体。偏置磁场为 EMAT 提供合适的工作点,使其电-声转换效率达到最高。文中用 U 型电磁铁

产生偏置磁场,电磁铁线圈为 1 000 匝,负载电流可达 10 A,通过调节线圈中的电流就可以控制偏置磁场的强度。被检测体是 EMAT 的一部分,因为超声波是在被检测体内激发的。文中被检测体为长 1 000 mm,直径 500 mm,壁厚 10 mm 的钢管道,用来代替 GIS 管道。弯曲线圈用来激发和接收电磁超声信号。在弯曲线圈中通入高频电流,高频电流在管道壁感应出高频磁场,引起管道局部的微观振动,从而激发出超声波。弯曲线圈设计时需满足以下相位匹配条件^[3]:

$$d = v/2f \quad (1)$$

式中: f 为超声波的频率; v 为超声波在管道壁中的传播速度; d 为线圈相邻两导线的中心距离。

满足相位匹配条件的线圈能使 EMAT 效率达到最高,相同电流激励下接收的信号幅值最高。接收线圈和发射线圈的结构相同,如图 1 所示。

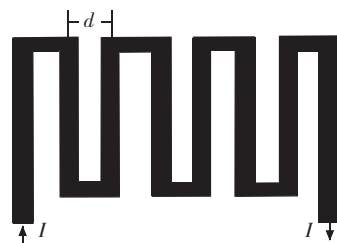


图 1 弯曲线圈结构

只要改变弯曲线圈和 U 型电磁铁的相对位置,即可利用 EMAT 激发出不同模式的超声导波,这也是电磁超声的一个重要优点。文中需要采用 SH0 模式导波^[4],其 EMAT 结构如图 2 所示。

3 电磁超声裂纹检测实验研究

EMAT 转换效率较低,激励脉冲电流需要 30 A 以上,文中使用自行研制的脉冲电源作为 EMAT 的激励电路,激励电压的波形如图 3 所示。另外,EMAT 接收信号微弱,信噪比低,需要设计信号放大器及滤波电路将有用信号提取出来。

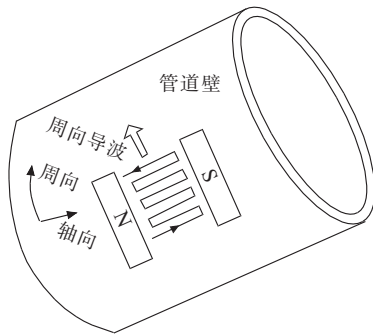


图 2 电磁超声换能器结构示意图

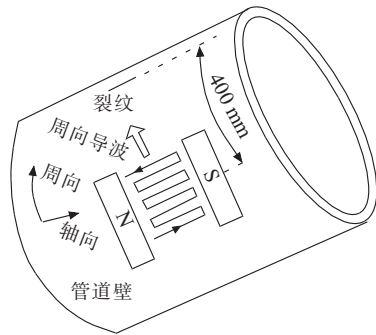


图 5 裂纹检测实验布置示意图

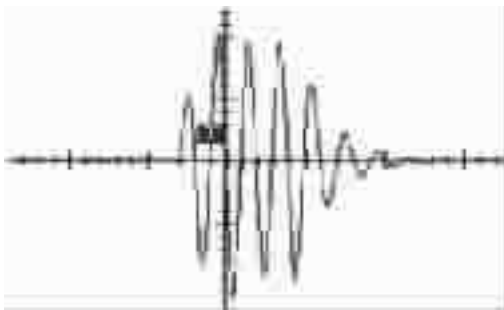


图 3 EMAT 激励电压波形

首先,在管道没有裂纹处进行实验,实验布置如图 2 所示。脉冲电源给发射线圈输入脉冲电流,并在管道壁中激发出沿圆周方向传播的超声波。由于管道壁在 EMAT 所在圆周处没有裂纹,不会有反射波,超声波沿着管道圆周传播一周后到达 EMAT 处时,超声波信号被 EMAT 接收(接收到的超声信号如图 4 中 a 所示)。

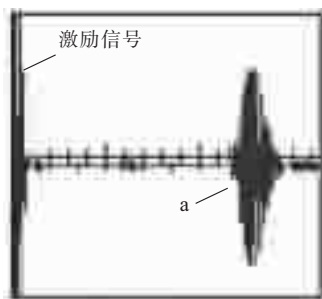


图 4 无裂纹实验接收信号

当然,超声波还会在管道圆周内继续传播,但是超声波传播距离越远所需要的时间越长,在实验中控制一定的信号采集时间,可以使后面的超声波信号不显示。

然后,将 EMAT 移动到周向有裂纹的位置。裂纹长度为 20 mm,深度为 2 mm,距 EMAT 线圈 400 mm,其他布置与无裂纹实验相同。试验布置示意图如图 5 所示。

向前传播的超声波在裂纹处发生反射,反射波向反方向传播,到达 EMAT 线圈处后被线圈接收到,即为图 6 中 b 所示的超声波裂纹反射信号。

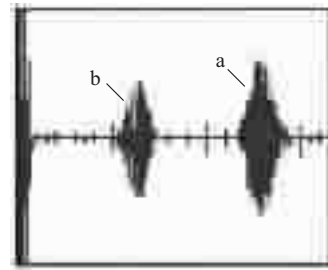


图 6 裂纹检测实验接收信号

由于裂纹较浅,不能将超声波完全反射,一部分超声波会穿过裂纹区继续向前传播,所以接收到的超声波裂纹反射信号 b 幅度较小。

对于 EMAT 线圈来说,裂纹反射的超声波传播距离近,所用的时间少,所以先接收到超声波裂纹反射信号 b,后接收到沿管道传播一周后到达 EMAT 的信号 a。

从实验结果可以看出,超声波裂纹反射信号 b 到达 EMAT 的时间为 $250 \mu\text{s}$,超声波的波速约为 3200 m/s ,由此得超声波传播的距离为 800 mm 。由于超声波传播的距离是裂纹与 EMAT 之间距离的 2 倍,因此得裂纹距离 EMAT 为 400 mm ,与实际情况相吻合,可见利用电磁超声方法可以有效检测出管道壁的裂纹缺陷及位置。

对于不同深度的裂纹,其对超声波的反射能力是不同的,裂纹越深,反射的超声波就越强,EMAT 接收到的信号幅值就越大。因而接收的信号幅度大小能够反映裂纹的深浅。但是,裂纹对超声波的反射量并不是与裂纹深浅完全成正比,而是有一个饱和的过程,所以对裂纹进行量化是比较复杂的课题,还有待进一步研究。

由于电磁超声导波利用超声波的传播及反射特性检测裂纹缺陷,因此只需要在管道的某一位置放置一台 EMAT,就可以检测出 EMAT 处管道周向的裂纹。将 EMAT 在沿管道轴向移动,就可以检测整个管道,大大提高了检测效率。因此,利用电磁超声导波来检测管道的裂纹缺陷是一种有应用前景的检测方法。

4 结束语

本文研究了利用电磁超声导波来检测变电站 GIS 管道的裂纹缺陷,并通过实验验证了该方法的有效性。由实验结果可知,分析 EMAT 所接收的电磁超声信号,就可以准确判断裂纹的位置。由于目前该项研究还处于初级阶段,对裂纹进行定量分析还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 张永生,黄松岭,赵伟,等.基于电磁超声的钢板裂纹检测系统[J].无损检测,2009,42(4):275-280.

[2] 张志刚,阙沛文,雷华明.兰姆波的电磁超声磁致伸缩式激励及其特性[J].上海交通大学学报,2006,40(1):133-137.

[3] ALERS G A, BURNS L R. EMAT Designs for Special Applications[J]. Materials Evaluation, 1987, 45:1184-1189.

[4] 朱定伟,张春雷,黄建冲.电站管道超声导波检测的模式选择[J].广东电力,2007,20(5):16-20.

作者简介:

王伟(1974-),男,江苏苏州人,高级技师,从事电力系统二次检修工作;

潘晓明(1977-),男,江苏苏州人,工程师,从事电力系统二次管理工作;

张永生(1981-),男,河北保定人,从事电力系统二次检修工作。

Applied Research for Crack Detection Method of GIS Pipes Based on Electromagnetic Ultrasonic Guided Waves

WANG Wei, PAN Xiao-ming, ZHANG Yong-sheng

(Suzhou Power Supply Company, Suzhou 215004, China)

Abstract: A crack detection method of GIS pipes based on electromagnetic was studied in the paper. And Electromagnetic acoustic transducer (EMAT) was designed. Besides, cracks detection experiments were completed by the EMAT. Results show that the proposed method can detect cracks on the pipes of GIS effectively and it is a promising method for cracks detection.

Key words: GIS; guided wave; EMAT; crack detection

(上接第 81 页)

的同时,降低了煤粉细度,有助于燃尽。B 磨煤机外部折向门挡板调整时,内部折向门挡板可能未发生变化,煤粉细度无明显变化。因此,折向门挡板的调整采用内部调节方式。根据 B 煤机磨风煤比试验变化规律,制定了目前每台磨煤机一次风煤比,以指导运行。

参考文献:

[1] 岑可法.锅炉燃烧试验研究方法及测量技术[M].北京:中国电力出版社,1987.

[2] GB10184—1988,锅炉性能试验规程[S].

[3] DL467—2004,磨煤机试验规程[S].

作者简介:

张志亮(1973-),男,江苏无锡人,助理工程师,从事电厂锅炉及汽机热力试验相关工作。

Adjustment Test and Analysis of E type Coal Mill System

ZHANG Zhi-liang

(Jiangsu Ligang Power Generation Co. Ltd., Wuxi 214444, China)

Abstract: By calibrating the primary air flow of mill outlet in cold condition and measuring the air flow and pulverized coal flow of mill outlet in hot condition, the deviation of air velocity, pulverized coal flow in each pulverized coal pipe was analyzed, and the deflection plate has also been adjusted according to the fineness of pulverized coal in each mill. Finally, the optimized operation scheme was made based on the results of a series of tests on the typical mill, such as air-fuel ratio and the characteristic of the deflection plate-fineness of milling system and so on.

Key words: thermal power engineering; coal pulverizing system; E-type coal mill

欢迎投稿 欢迎订阅