

变压器制造过程铁心问题浅析

黄佳文 李东翰 李 晨

特变电工沈阳变压器集团有限公司 辽宁 沈阳 110000

摘要: 变压器制造过程中,铁心问题至关重要。铁心作为变压器的核心部件,其质量直接影响变压器的性能和使用寿命。制造过程中常见的铁心问题包括铁心尺寸超差、机械强度不足、多点接地等。这些问题可能导致变压器抗短路能力降低、运行噪音增大、空载损耗增加以及局部过热等后果。为确保变压器质量,制造过程中应严格控制铁心尺寸和制造工艺,加强质量检测和监控,及时发现并解决潜在问题,从而保障变压器的正常运行和安全稳定。

关键词: 变压器;制造过程;铁心问题

引言: 变压器作为电力系统中的重要设备,其稳定性和效率对电力传输和分配具有重要影响。在变压器制造过程中,铁心作为其核心部件,其质量直接关系到变压器的性能和使用寿命。然而,铁心制造过程中常常面临一系列挑战,如尺寸控制、机械强度、接地问题等。这些问题不仅影响变压器的运行效率和安全性,还可能导致设备故障和维修成本的增加。因此,深入研究变压器铁心制造过程中的问题,对于提高变压器质量和可靠性具有重要意义。

1 变压器铁心的基本概念和结构

1.1 介绍变压器铁心的定义和功能

变压器铁心,也被称为变压器铁芯,是变压器设备中的核心组成部分。它是变压器中磁路的主要部分,负责导磁并起到电能转换的关键作用。在电磁感应原理的作用下,铁心将一次电路的电能转换为磁能,再由磁能转换为二次电路的电能。此外,铁心还是变压器的机械骨架,支撑着线圈、引线以及变压器内部的其他部件,确保整个设备的稳定性和运行效率。

1.2 阐述铁心的基本组成材料

变压器铁心主要由硅钢片和绝缘材料组成。硅钢片,也被称为电工钢片,是一种具有高电阻率和高磁导率的材料。它能够有效降低铁心中的涡流损耗,并提高变压器的效率。而绝缘材料则用于在铁心各层之间以及铁心与绕组之间形成绝缘屏障,防止电流短路和磁路泄漏。这些绝缘材料通常具有优良的耐热性、机械强度和电气性能,以确保变压器在各种环境下都能稳定运行。

1.3 描述铁心的典型结构

变压器铁心的典型结构主要包括环形铁心、棒状铁心和鼓形铁心等。环形铁心呈环形结构,常见于小型和中型变压器中,具有结构紧凑、磁路闭合良好等优点。棒状铁心则是由多根硅钢片棒状叠装而成,适用于大

型和特大型变压器,能够提供强大的磁路支撑和导磁能力。鼓形铁心则结合了环形和棒状铁心的优点,呈鼓形结构,具有优良的磁路性能和机械强度。不同类型的铁心结构适用于不同的变压器应用场景和需求。

2 变压器铁心制造过程中的常见问题

2.1 铁心机械强度不足

(1) 铁心绑扎力度不足导致的问题。在变压器铁心的制造过程中,叠片之间的绑扎是一项关键工序。绑扎的主要目的是通过一定的力度将叠片紧密地贴合在一起,形成一个整体。然而,如果绑扎力度不足,叠片之间就会出现明显的间隙,这就会导致铁心的直径超差和离缝超差。直径超差是指铁心的实际直径与设计要求存在较大的偏差,而离缝超差则是指叠片之间的间隙超出了设计要求的范围。(2) 对铁心机械强度和变压器运行稳定性的影响。铁心机械强度不足会直接影响变压器的运行稳定性。一方面,由于叠片之间的间隙过大,铁心在运行过程中容易受到振动和冲击的影响,从而导致铁心的变形或松动。这不仅会降低铁心的电磁性能,还可能引发更严重的故障。另一方面,机械强度不足的铁心在承受负载时容易发生形变,进而影响变压器的输出电压和电流的稳定性,降低变压器的效率和使用寿命^[1]。

2.2 铁心尺寸超差

(1) 铁心尺寸超差的现象。铁心直径超差是指铁心的实际直径与设计要求存在偏差。这种偏差可能是由于制造过程中的测量误差、加工精度不足或者材料变形等原因引起的。垂直度超差则是指铁心在垂直方向上的偏差,这可能是由于加工过程中的误差或者安装过程中的不当操作导致的。此外,金属结构件的超差也是常见的现象,如螺栓、螺母等紧固件的尺寸不符合设计要求。

(2) 对变压器性能的影响。铁心尺寸超差对变压器的性能有着显著的负面影响。一方面,直径超差会直接影响

铁心的电磁性能,导致磁通分布不均,进而增加变压器的铁损和铜损,降低其效率。同时,直径超差还可能使铁心与绕组之间的间隙发生变化,影响变压器的绝缘性能和散热性能。另一方面,垂直度超差会导致铁心在运行时产生不均匀的受力,加剧铁心的振动和噪音,严重时甚至会引起铁心的变形或破裂。金属结构件的超差则可能影响铁心的整体稳定性和可靠性,降低变压器的抗短路能力和使用寿命。

2.3 铁心多点接地

(1) 铁心必须有一点可靠接地的原则。铁心必须有一点可靠接地的原因在于,当变压器运行时,铁心中会产生交变的磁通,从而在铁心中产生感应电动势。如果铁心没有接地或者接地不良,就会在铁心中产生悬浮电位,进而引发放电和局部过热等问题。这不仅会损坏铁心的绝缘材料,还可能引发更严重的故障。因此,为了确保变压器的安全运行,铁心必须有一点可靠接地。

(2) 多点接地的原因和类型。铁心多点接地的原因多种多样,其中翘起的叠片和破损的绝缘纸板是常见的类型。翘起的叠片可能是由于制造过程中的不当操作或者材料本身的缺陷导致的。当叠片翘起时,就会与周围的金属构件接触,形成额外的接地点。破损的绝缘纸板可能是由于在安装或运输过程中受到损坏或者老化导致的。当绝缘纸板破损时,就无法有效地隔离铁心与周围的金属构件,从而引发多点接地^[2]。(3) 多点接地对变压器性能的影响。多点接地对变压器的性能有着严重的负面影响。一方面,多点接地会增加铁心的铁损和铜损,降低变压器的效率。由于多点接地会形成额外的电流通路,从而增加铁心中的涡流损耗和绕组中的电阻损耗。另一方面,多点接地还会引发过热和放电性故障。由于多点接地会导致铁心中的电流分布不均,从而产生局部过热和放电现象。这不仅会损坏铁心的绝缘材料,还可能引发绕组短路、油箱爆炸等严重故障。

3 铁心制造过程中问题的产生原因探析

3.1 制造工艺缺陷

制造工艺缺陷是铁心制造中难以忽视的问题。这类缺陷包括但不限于毛刺超标、表面不平整和绝缘受损等。(1) 毛刺超标主要源于切割或冲压工艺的控制不当。当刀具磨损、切割速度或压力设置不合理时,便容易在硅钢片边缘产生锋利的毛刺。这些毛刺不仅会降低叠片间的接触紧密度,还可能在变压器运行时导致绝缘层的损伤。(2) 表面不平整则是由于加工过程中的各种振动、冲击或磨损导致。不平整的表面会增大叠片间的空气间隙,降低电磁效率,同时还会增加叠片间的摩擦

阻力,影响铁心的机械稳定性。(3) 绝缘受损则可能由多种原因引起,如切割过程中的划伤、装配时的挤压以及叠片间的异物等。绝缘层的破坏会直接导致铁心局部放电或短路,严重影响变压器的使用寿命和安全性。

3.2 原材料质量问题

原材料质量是影响铁心制造质量的另一关键因素。硅钢片和绝缘材料作为铁心的两大主要原材料,其质量直接关系到铁心的电磁性能和绝缘性能。(1) 硅钢片的质量问题主要体现在含硅量不足、杂质含量过高以及晶粒结构不均匀等方面。这些问题会导致硅钢片的磁导率降低,进而增加变压器的铁损。同时,晶粒结构的不均匀还会导致硅钢片在受力时容易产生裂纹,降低铁心的机械强度^[3]。(2) 绝缘材料的质量问题则主要体现在性能不稳定和老化速度过快等方面。性能不稳定的绝缘材料在长期使用过程中容易出现热击穿、电击穿或机械击穿等问题,从而引发铁心的局部放电或短路。而老化速度过快的绝缘材料则会在短时间内丧失其绝缘性能,严重影响变压器的安全运行。

3.3 设计缺陷

设计缺陷也是铁心制造过程中不容忽视的问题。这类缺陷主要包括铁心截面设计不合理和夹件与油箱距离过近等。(1) 铁心截面设计不合理可能导致磁通分布不均,增加变压器的铁损和噪音。同时,不合理的截面设计还会影响铁心的散热性能,导致铁心在运行过程中温度过高,加速绝缘材料的老化速度。(2) 夹件与油箱距离过近则可能限制铁心的热膨胀空间,导致铁心在受热时产生过大的应力。这种应力不仅会降低铁心的机械强度,还可能引发铁心的变形或开裂等问题。

4 解决铁心制造过程中问题的综合措施

4.1 优化制造工艺

制造工艺的优化是提升铁心质量的基础。这主要包括细化铁心制造工艺和加强工序加工的监控,以及引入先进的制造技术和设备。(1) 细化铁心制造工艺,加强对工序加工的监控。首先,要细化铁心的制造工艺,确保每一个生产环节都有明确的操作标准和质量控制要求。通过制定详细的工艺文件和作业指导书,明确各工序的先后顺序、操作方法和检验标准,为工人提供明确的指导。同时,要加强对工序加工的监控,确保每一步操作都符合设计要求。可以利用先进的在线监测系统,实时采集和记录生产过程中的关键数据,如温度、压力、尺寸等,及时发现和纠正偏差,确保产品质量的稳定性和一致性。(2) 引入先进的制造技术和设备,提高制造精度和效率。随着科技的不断进步,越来越多的

先进制造技术和设备被应用到铁心制造领域。例如,激光切割、数控冲压等高精度加工技术的应用,可以显著提高硅钢片的切割精度和形状一致性。此外,自动化生产线和机器人技术的引入,可以大幅降低人工操作的误差,提高生产效率和产品的一致性。通过采用这些先进的技术和设备,可以大幅提升铁心的制造精度和效率,从而提升整体的产品质量^[4]。

4.2 加强原材料质量控制

原材料的质量直接影响到铁心的性能。因此,加强原材料的质量控制是提升铁心质量的关键。(1)选择高质量的硅钢片和绝缘材料。硅钢片和绝缘材料是铁心的关键原材料。在选择时,我们应优先考虑其电磁性能、机械性能和绝缘性能等指标。与优质供应商建立长期合作关系,确保原材料的供应稳定且质量可靠。同时,关注原材料的生产工艺和质量控制体系,确保其符合行业标准和设计要求。(2)对原材料进行严格的检验和筛选。除了选择高质量的原材料外,还需要对其进行严格的检验和筛选。这包括对原材料的化学成分、物理性能、尺寸精度和表面质量等方面进行全面的检测和分析。通过引入先进的检测技术和设备,如光谱分析、金相分析等,可以对原材料的质量进行全面评估。同时,建立原材料质量追溯体系,确保每一批原材料都可以追溯到源头,便于质量问题的追踪和解决。

4.3 改进设计

设计是影响铁心质量的重要因素。通过优化铁心截面设计和合理设计夹件、油箱等部件,可以显著提升铁心的性能和可靠性。(1)优化铁心截面设计,提高铁心利用系数和性能。优化铁心截面设计是提升铁心性能的重要手段。通过精确的电磁计算和模拟分析,可以确定最合理的铁心截面形状和尺寸。合理的截面设计可以提高磁通密度分布的均匀性,降低铁损和噪音,提升变压器的整体效率。在优化铁心截面设计时,首先要考虑的是变压器的功率等级和工作频率。这些因素将直接影响

铁心的尺寸、形状和所用材料的类型。例如,对于大功率、高频率的变压器,可能需要采用更薄的硅钢片以减少涡流损耗,并设计更紧凑的铁心结构以提高空间利用率。(2)合理设计夹件和油箱等部件,避免多点接地等问题的发生。夹件和油箱等部件的设计也是影响铁心性能的关键因素。合理设计夹件可以确保铁心在运输、安装和运行过程中保持稳定,防止其发生变形或松动。在选择夹件材料时,要优先考虑其机械强度和电磁兼容性。同时,夹件与铁心之间的绝缘性能也需要得到保障,以避免多点接地等问题的发生。油箱的设计则需要考虑其密封性和耐腐蚀性。有效的密封可以防止变压器油泄漏,从而保护铁心和绕组等关键部件不受损害。而耐腐蚀性强的油箱材料可以延长变压器的使用寿命,降低维护成本。

结束语

综上所述,变压器制造过程中铁心问题的有效控制,是确保变压器性能和稳定运行的关键。通过优化制造工艺、加强原材料质量控制以及改进设计,可以显著降低铁心问题的发生率,提升变压器的整体质量。未来,随着科技的进步和制造技术的不断创新,我们有理由相信,变压器铁心制造过程将更加精细化、智能化,从而推动变压器制造行业的持续发展和进步。同时,这也将为社会经济的稳定发展提供更加可靠的电力保障。

参考文献

- [1]陈丽.变压器生产企业的安全生产与质量管理及控制研究[J].现代国企研究,2019,(05):55-56.
- [2]王丽卿.浅谈变压器生产企业的安全生产与质量管理及控制探讨[J].变压器,2019,(04):36-37.
- [3]姜鑫.变压器制造过程质量管控分析[J].内燃机与配件,2020,(18):152-153.
- [4]陈卓,孙竹.节能配电变压器铁心制造技术及选材分析[J].电工钢,2020,(02):12-13.