



中华人民共和国国家标准

GB/T 44391—2024/IEC 60404-17:2021

用单片测试仪和光学传感器测量晶粒取向 电工钢带(片)磁致伸缩特性的方法

Methods of measurement of the magnetostriction characteristics of grain-oriented electrical steel strip and sheet by means of a single sheet tester and an optical sensor

(IEC 60404-17:2021, Magnetic materials—Part 17: Methods of measurement of the magnetostriction characteristics of grain-oriented electrical steel strip and sheet by means of a single sheet tester and an optical sensor, IDT)

2024-08-23 发布

2025-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	3
4.1 方法的原理	3
4.2 试样	4
4.3 测量装置	5
4.3.1 一般要求	5
4.3.2 磁轭	5
4.3.3 绕组	6
4.3.4 桥	7
4.3.5 光学传感器	7
4.3.6 光学靶	8
4.3.7 夹具	8
4.3.8 终点挡板	8
4.3.9 平板玻璃	9
4.4 空气磁通补偿	9
4.5 电源	9
4.6 测量仪器	9
5 测量程序	11
5.1 测量原理	11
5.2 测量的准备	11
5.3 电源的调节	12
6 特性的计算	12
6.1 磁极化强度的测定	12
6.2 磁致伸缩应变的测定	12
6.3 蝴蝶回线的测定	13
6.4 峰-峰值 λ_{p-p} 和零-峰值 λ_{0-p} 的测定	13
7 峰-峰值 λ_{p-p} 的再现性	13
8 测试报告	13
附录 A (规范性) 磁致伸缩特性测量用测量装置的要求	15

A.1 通用要求	15
A.2 磁致伸缩测量基线长度的准确设定	15
A.3 磁极化强度波形正弦的严格控制	15
A.4 测量装置与外部噪声的隔离	16
A.5 作用在试样上的摩擦力的抑制	17
A.6 试样平面外振动的抑制	18
A.7 试样和测量装置共振的避免	18
A.8 测量装置的校准和确认	18
附录 B (资料性) 外加压应力下磁致伸缩特性的测量	21
B.1 概述	21
B.2 试样	21
B.3 测量装置	21
B.4 测量程序	22
B.5 特性的测定	22
附录 C (资料性) 空气磁通补偿的数字法	23
附录 D (资料性) 数字法对次级感应电压波形正弦的控制	24
附录 E (资料性) 电力变压器声学设计的磁致伸缩特性	25
E.1 变压器空载噪声的产生机理	25
E.2 变压器空载声级和磁致伸缩应变	25
E.3 表征磁致伸缩应变的振动级	25
E.4 振动级的测定	26
E.4.1 概述	26
E.4.2 速度级	26
E.4.3 加速度级	27
E.4.4 速度级和加速度级测量的再现性	28
参考文献	29

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件等同采用 IEC 60404-17:2021《磁性材料 第 17 部分：用单片测试仪和光学传感器测量晶粒取向电工钢带(片)磁致伸缩特性的方法》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

——为与我国标准协调，将标准名称改为《用单片测试仪和光学传感器测量晶粒取向电工钢带(片)磁致伸缩特性的方法》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国电工合金标准化技术委员会(SAC/TC 228)归口。

本文件起草单位：中国计量科学研究院、首钢智新迁安电磁材料有限公司、中国南方电网超高压输电公司南宁局、浙江松发复合新材料有限公司、包头市检验检测中心、桂林电器科学研究院有限公司、河北工业大学、国网智能电网研究院有限公司、天津珠峰硅钢股份有限公司、中国计量大学、杭州象限科技有限公司、湖南省计量检测研究院、宝山钢铁股份有限公司、宁波兴隆磁性技术有限公司、长沙天恒测控技术有限公司、江苏中车电机有限公司、北京世维通光智能科技有限公司、浙江江山变压器股份有限公司、河源市嘉辰科技有限公司、江西省博顺磁电科技有限公司、宁波恒特汽车零部件有限公司、安徽鑫瑞新材料有限公司、保定天威保变电气股份有限公司、鞍钢股份有限公司、山西太钢不锈钢股份有限公司、钢铁研究总院研究公司、无锡普天铁心股份有限公司。

本文件主要起草人：龚文杰、龚坚、陈极升、赵成威、武冬生、崔得锋、王景芹、马光、宋辉、吴琼、赵毅、徐昱、沈杰、殷显林、周星、赵震、肖浩、姜振军、何兵、黄一币、屠岳明、张晓辉、刘兰荣、张本尊、林媛、孟利、闫成亮、李永建、曹明星、司良英、崔堂山、韩钰、丁一、周新华、吴国梁、高倩、赵浩融、黄健。

引 言

本文件提供了在频率 50 Hz 或 60 Hz、外加交流磁场下测量晶粒取向电工钢带(片)磁致伸缩特性的标准方法。该标准方法经过深入研究后对技术细节进行了规定,因此可预期测量的再现性令人满意。该测量要求以 0.01 μm 分辨率或更高的分辨率测量试样的微小振动。为满足这一苛刻的条件,不仅要规定测量装置的磁性方面,还要规定其机械方面,如摩擦力、麦克斯韦力、共振和外部振动的影响。

本文件规定了测定蝴蝶回线的磁致伸缩特性、磁致伸缩应变的峰-峰值和零-峰值的方法。附录 E 描述了速度级和加速度级的附加特性。

IEC TR 62581:2010^[5]回顾了通过单片测试仪测量晶粒取向电工钢的磁致伸缩特性的方法。多种方法已被用于测量各种试样的长度变化。然而,对于传感器与试样接触的方法,难以避免与接触法相关的测量偏差。此外,这些方法需要使用特殊的技巧进行测量。因此,本文件提供了使用光学传感器的方法,即激光多普勒测振仪,满足了非接触、高分辨率和高再现性的测量要求。

众所周知,机械应力对晶粒取向电工钢的磁致伸缩有很大影响^[5]。与其他种类的电工钢相比,晶粒取向电工钢对轧制方向上的压应力特别敏感。这取决于材料的晶粒取向角度和表面涂层在材料上产生的拉应力。附录 B 描述了外加压应力下的测量方法。

通过缩小方法的范围,已进行了多次磁致伸缩测量的国际循环比对^[6-8]。当允许使用多种方法时,采用相对标准偏差表示的测量再现性超过 20%。按照本文件所述原理的测量装置评估在磁极化强度峰值 1.7 T 和磁化频率 50 Hz 下沿轧制方向切割的晶粒取向电工钢带时,采用相对标准偏差表示的测量再现性小于 2%。

用单片测试仪和光学传感器测量晶粒取向 电工钢带(片)磁致伸缩特性的方法

1 范围

本文件描述了用单片测试仪和光学传感器测量晶粒取向电工钢带(片)磁致伸缩特性的一般原理、总则,规定了测量程序、特性的计算、峰-峰值 λ_{p-p} 的再现性、测量装置和测试报告。

本文件适用于晶粒取向电工钢带(片)在频率 50 Hz 或 60 Hz 下的磁致伸缩特性测量。

注 1: 加速度计法^[9]也是一种用于测量磁致伸缩的既定方法。然而,它更适用于外加拉伸或压应力下的磁致伸缩的测量,而不适用于无应力下的测量,因为它在试样上放置了配重以防止试样变形。本文件包含无应力下的测量,因此光学传感器法是最佳方法。

本文件适用于以下特性的测量:

- 蝴蝶回线;
- 峰-峰值 λ_{p-p} ;
- 零-峰值 λ_{0-p} 。

在规定的磁极化强度峰值和磁化频率,以及正弦次级感应电压波形下测定磁致伸缩特性。

注 2: 本文件使用术语“磁极化强度”,采用 IEC 60050-121 的描述。在电工钢涉及的一些标准中,采用术语“磁通密度”。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 3785.1—2023 电声学 声级计 第 1 部分 规范(IEC 61672-1:2013, IDT)

IEC 60050-103 国际电工词汇 第 103 部分:数学 函数(International Electrotechnical Vocabulary—Part 103:Mathematics—Functions)

注: GB/T 2900.92—2015 电工术语 数学 函数(IEC 60050-103:2009, IDT)

IEC 60050-121 国际电工词汇 第 121 部分:电磁学(International Electrotechnical Vocabulary—Part 121:Electromagnetism)

注: GB/T 2900.60—2002 电工术语 电磁学(eqv IEC 60050-121:1998)

IEC 60050-221 国际电工词汇 第 221 章:磁性材料与元件(International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 221:Magnetic materials and components)

注: GB/T 9637—2001 电工术语 磁性材料与元件(IEC 60050-221:1990, MOD)

IEC 60050-801 国际电工词汇 第 801 章:声学 and 电声学(International Electrotechnical Vocabulary—Chapter 801:Acoustics and electroacoustics)

注: GB/T 2900.86—2009 电工术语 声学 and 电声学(IEC 60050-801:1994, IDT)

IEC 60404-8-7 磁性材料 第 8-7 部分:单项材料规范 全加工状态下交付的冷轧取向电工钢带和钢板(Magnetic materials—Part 8-7: Specifications for individual materials—Cold-rolled grain-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the fully-processed state)

注: GB/T 2521.2—2016 全工艺冷轧电工钢 第 2 部分:晶粒取向钢带(片)(IEC 60404-8-7: 2008, MOD)