



中华人民共和国国家标准

GB/T 1094.101—2023

代替 GB/T 1094.101—2008

电力变压器 第 101 部分：声级测定 应用导则

Power transformers—
Part 101: Determination of sound levels—Application guide

(IEC 60076-10-1:2016, Power transformers—
Part 10-1: Determination of sound levels—Application guide, MOD)

2023-03-17 发布

2023-10-01 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	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 声的物理基础	1
5 变压器和电抗器的噪声源及其特点	4
6 测量原理	12
7 声级测量的注意事项	20
8 工厂试验与现场声级测量的差异	22
附录 A (资料性) 因绕组中谐波电流引起的声级	25
参考文献	30
图 1 近场中不同测量距离 d 的空间平均声强级(实线)和声压级(虚线)模拟	3
图 2 某牌号铁芯钢片施加 50 Hz 交流时最大磁感应强度 B_{\max} 从 1.2 T~1.9 T 之间变化时完整 循环状态下叠片长度的相对变化曲线	4
图 3 无直流偏磁条件下施加峰值磁密 1.8 T、频率 50 Hz 交流时的磁密随时间变化的函数曲线 (光滑线)和叠片长度随时间相对变化的曲线(点划线)	5
图 4 施加 50 Hz 完整交流周波、峰值磁密达到 1.8 T、直流偏磁 0.1 T 时叠片长度的相对变化曲线 示例	5
图 5 施加峰值磁密 1.8 T、频率 50 Hz 交流、直流偏磁 0.1 T 时磁密随时间变化的曲线(光滑线)和 叠片长度随时间相对变化的曲线(点划线)	6
图 6 声级增加值与绕组中直流偏磁电流的关系	6
图 7 负载电流引起的典型声谱	7
图 8 31.5 MVA 变压器的 100 Hz 声压场(彩色)及沿测量路径的声强矢量仿真	11
图 9 由函数 $A(f)$ 导出的 A 计权图	12
图 10 试验环境中影响声压的干扰分布图	14
图 11 传声器布置	15
图 12 穿过试验区域的背景噪声和试品发射的噪声示意图	16
图 13 50 Hz 和 60 Hz 系统中 1/1 倍频程和 1/3 倍频程的变压器音调	17
图 14 声压沿测量路径的空间变化记录	19
图 15 试验环境	20
图 A.1 表 A.2 中给出的星结和角结绕组的电流频谱的电流波形	26

表 1	1 次~15 次变压器音调的 A 计权值	13
表 A.1	谐波电流引起的绕组电动力分量	25
表 A.2	B6 换流引起的电流频谱	26
表 A.3	试验电流和力分量计算	27
表 A.4	谐波力及试验电流汇总	28

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。

本文件是 GB/T 1094《电力变压器》的第 101 部分。GB/T 1094 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：总则；
- 第 2 部分：液浸式变压器的温升；
- 第 3 部分：绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙；
- 第 4 部分：电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则；
- 第 5 部分：承受短路的能力；
- 第 6 部分：电抗器；
- 第 7 部分：油浸式电力变压器负载导则；
- 第 10 部分：声级测定；
- 第 101 部分：声级测定 应用导则；
- 第 11 部分：干式变压器；
- 第 12 部分：干式电力变压器负载导则；
- 第 14 部分：采用高温绝缘材料的液浸式电力变压器；
- 第 15 部分：充气式电力变压器；
- 第 16 部分：风力发电用变压器；
- 第 18 部分：频率响应测量；
- 第 23 部分：直流偏磁抑制装置。

本文件代替 GB/T 1094.101—2008《电力变压器 第 10.1 部分：声级测定 应用导则》，与 GB/T 1094.101—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了更多的声场的信息(见第 4 章)；
- 增加了对绕组电流谐波影响方面的考虑(见 5.2)；
- 增加了 A 计权的说明(见 6.2)；
- 增加了声压测量法和声强测量法的信息(见 6.3.2 和 6.3.3)；
- 增加了频段的信息(见 6.4)；
- 增加了测量距离的背景信息(见 6.6)；
- 增加了步行移动测量方式和逐点测量方式的支持信息(见 6.7)；
- 增加了绕组谐波电流引起的附加噪声(见附录 A)。

本文件修改采用 IEC 60076-10-1:2016《电力变压器 第 10-1 部分：声级测定 应用导则》。

本文件增加了第 3 章“术语和定义”，相应的章、条号依次顺延。

本文件与 IEC 60076-10-1:2016 的技术差异及原因如下：

- 在第 2 章增加了对 GB/T 2900.95 的引用；
- 将 4.2.5.3 的最后一段内容由正文调整为注(因涉及的附录 A 为资料性)；
- 为了与 6.2 的内容相协调，删除了 IEC 原文 3.2 最后一段中的“对频率的灵敏度峰值约在 1 kHz，在较低或较高的频率下灵敏度会降低”。

本文件做了下列编辑性改动：

- 纳入了 IEC 60076-101-1:2016/AMD1:2020 的修正内容；

- 为与我国标准协调,将标准名称改为《电力变压器 第 101 部分:声级测定 应用导则》;
- 对公式的编号进行了调整;
- 将 A.3 中的列项调整为条文形式;
- 将表 A.3 表头中的“ i_{Tn} ”调整为“ i_{nT} ”;
- 将表 A.4 中 200Hz 谐波噪声频率所对应的两个试验电流值由“0.630”更正为“0.632”;
- 将 IEC 原文参考文献中的 ISO 3746:2010 调整为规范性引用文件;
- 对参考文献进行了调整。

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。

本文件由全国变压器标准化技术委员会(SAC/TC 44)归口。

本文件起草单位:沈阳变压器研究院有限公司、保定天威保变电气股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、特变电工衡阳变压器有限公司、正泰电气股份有限公司、西安西电变压器有限责任公司、特变电工沈阳变压器集团有限公司、特变电工股份有限公司新疆变压器厂、明珠电气股份有限公司、吴江变压器有限公司、广东中鹏电气有限公司、顺特电气设备有限公司、浙江江山变压器股份有限公司、成来电气科技有限公司、天津市特变电工变压器有限公司、海鸿电气有限公司、常州西电变压器有限责任公司、合肥元贞电力科技股份有限公司。

本文件主要起草人:张显忠、郭满生、王欣盛、苏钟焕、官俊军、张鹏飞、董春光、虞金华、蔡定国、林灿华、韩宝家、肖明、姜振军、郑国培、赵文忠、许凯旋、陈辛夫、熊世锋。

本文件所代替文件及其的历次版本发布情况为:

- 2008 年首次发布 GB/T 1094.101—2008;
- 本次为第一次修订。

引 言

电力变压器标准的制定,是为了给电力变压器建立一套最佳的评价准则,为电力变压器从原材料选择、设计、生产、检验、选用、运行、维护等方面所需的注意事项提供指导。GB/T 1094 旨在确立适用于电力变压器的设计、制造、试验、运行、维护等方面的遵循原则和相关规则,拟由 16 个部分构成。

- 第 1 部分:总则。目的在于确立适用于各类电力变压器设计制造和生产试验等所需要遵循的总体原则和相关规则。
- 第 2 部分:液浸式变压器的温升。目的在于确立适用于各类液浸式电力变压器有关温升方面的技术要求和试验方法。
- 第 3 部分:绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙。目的在于确立适用于各类液浸式电力变压器有关绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙方面的技术要求和绝缘试验方法。
- 第 4 部分:电力变压器和电抗器的雷电冲击和操作冲击试验导则。目的在于确立适用于各类电力变压器和电抗器有关雷电冲击试验和操作冲击试验方面的技术要求和试验方法。
- 第 5 部分:承受短路的能力。目的在于确立适用于各类电力变压器有关承受短路能力方面的技术要求和试验方法。
- 第 6 部分:电抗器。目的在于确立适用于各类电抗器的技术要求和试验要求。
- 第 7 部分:油浸式电力变压器负载导则。目的在于对各类油浸式电力变压器有关带负载运行时提供指导。
- 第 10 部分:声级测定。目的在于确立适用于各类电力变压器和电抗器有关声级测定方面的技术要求和试验方法。
- 第 101 部分:声级测定 应用导则。目的在于对各类电力变压器和电抗器有关声级测定应用方面提供指导。
- 第 11 部分:干式变压器。目的在于确立适用于各类干式电力变压器的技术要求和试验要求。
- 第 12 部分:干式电力变压器负载导则。目的在于对各类干式电力变压器有关带负载运行时提供指导。
- 第 14 部分:采用高温绝缘材料的液浸式电力变压器。目的在于确立适用于各类采用高温绝缘材料的液浸式电力变压器的技术要求和试验要求。
- 第 15 部分:充气式电力变压器。目的在于确立适用于各类充气式电力变压器的技术要求和试验要求。
- 第 16 部分:风力发电用变压器。目的在于确立适用于各类风力发电用变压器的技术要求和试验要求。
- 第 18 部分:频率响应测量。目的在于确立适用于各类电力变压器有关频率响应方面的技术要求和试验方法。
- 第 23 部分:直流偏磁抑制装置。目的在于确立适用于各类直流偏磁抑制装置的技术要求和试验要求。

GB/T 1094 通过 16 个部分明确了各类电力变压器和电抗器等产品的技术内容,给出了具体的技术要求、试验项目、试验程序、试验方法及运行指导等。通过确立各类产品明确的范围、术语、技术要求和试验要求等,让从事相关产品设计、生产、试验、使用及运行维护等方面的人员能够更加清晰、准确地进行操作,从而为设计、制造高质量的产品奠定基础,更好地促进贸易、交流和技术合作,并为我国电网的正常运行提供保障。

本文件与 GB/T 1094.10 结合使用。

电力变压器

第 101 部分：声级测定 应用导则

1 范围

本文件向制造方及用户就如何使用 GB/T 1094.10 所规定的测量技术提供了指导。除基本的声学原理外,本文件还阐述了变压器和电抗器的噪声源和特性,给出了进行测量的实际指南,讨论了可能影响测量方法准确度的各种因素,也阐明了工厂测量值与现场测量值不同的原因。

本文件适用于变压器和电抗器及其相关的辅助冷却设备。

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 1094.10—2022 电力变压器 第 10 部分:声级测定(IEC 60076-10:2016,MOD)

注:GB/T 1094.10—2022 被引用的内容与 IEC 60076-10:2016 被引用的内容没有技术上的差异。

GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器(GB/T 2900.95—2015,IEC 60050-421:1990,NEQ)

GB/T 3768—2017 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法(ISO 3746:2010,IDT)

3 术语和定义

GB/T 2900.95 和 GB/T 1094.10—2022 界定的术语和定义适用于本文件。

4 声的物理基础

4.1 现象

声音为人耳能感受到的(在空气、水或其他弹性媒质中的)压力变化波。此压力变化波通过媒质(本文件指空气)从声源传递到听者的耳朵内。

每秒发生周期性压力变化的次数称为声音的频率,其测量值的单位为赫兹(Hz)。声音的特定频率感知为独特的声调或音高。变压器的嗡嗡声基本上是 100 Hz 或 120 Hz 的低频声,而汽笛声则是高频声,其典型频率值超过 3 kHz。健康青年人的正常听力范围约为 20 Hz~20 kHz。

4.2 声压 p

在特定位置和给定时间间隔的瞬时声压的方均根值称为声压,其测量值的单位为帕斯卡(Pa)。

声压是标量,只用其幅值表示其特征。

健康人耳能感受到的最弱声压与频率有明显关系。一般在 1 kHz 下为 20 μ Pa。可感受到痛阈对应于该值的百万倍,甚至更高,如 20 Pa。由于范围太大,为了避免使用很大的数值,因此采用分贝(dB)