



中华人民共和国国家标准

GB/T 1094.7—2024

代替 GB/T 1094.7—2008

电力变压器 第7部分： 油浸式电力变压器负载导则

Power transformers—Part 7: Loading guide for mineral-oil-
immersed power transformers

(IEC 60076-7:2018, MOD)

2024-11-28 发布

2025-06-01 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	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和缩略语	3
5 超铭牌额定值负载效应	5
6 相对老化率和变压器绝缘寿命	7
7 限值	12
8 温度的确定	15
9 分接开关的影响	26
附录 A (资料性) 考虑氧气和水分作用的预期绝缘寿命和相对老化率	28
附录 B (资料性) 铁芯温度	32
附录 C (资料性) 超铭牌额定容量的说明	33
附录 D (资料性) Q、S 和 H 系数的描述	35
附录 E (资料性) 指数方程法解法实例	37
附录 F (资料性) 热模型参数	42
附录 G (资料性) 绕组和油时间常数计算	45
附录 H (资料性) 油指数和绕组指数	47
附录 I (资料性) 差分方程解法的应用	52
附录 J (资料性) 附录 E 中示例的流程图	58
附录 K (资料性) 计算和呈现过负载数据的示例	59
附录 L (资料性) 地磁感应电流	63
附录 M (资料性) 替代油	64
参考文献	65
图 1 纤维素结构式	7
图 2 抗拉强度与 DP 值之间的相关性	8
图 3 在温度 140 °C、含氧量 $\leq 6\ 000\ \mu\text{L}/\text{L}$、含水量 0.5% 的矿物油中的加速老化	9
图 4 非热改性纸的预期寿命及其与含水量、含氧量和温度的依存关系	10
图 5 热改性纸的预期寿命及其与含水量、含氧量和温度的相互关系	11
图 6 热分布图	16

图 7	400 MVA、ONAF 冷却三相变压器的曲折形冷却高压绕组在 1.0 p.u. 负载电流(负)分接时相对顶层油温度(油箱中)65.8 °C 的温升	17
图 8	线圈边缘(传感器宜放置在计算温升较高的边缘)	18
图 9	施加 110% 额定电压下 8 h 热空载试验结束时相对于顶层油温度的温升	19
图 10	各段之间距离相同的曲折形冷却绕组(挡油板放在各段之间的油道中)	20
图 11	铁轭下具有“收缩冷却油道布置”的矩形绕组的俯视图	20
图 12	表示微分方程的框图	21
图 13	对负载电流阶跃变化的温度响应	22
图 14	由表 4 中的数值得出的函数 $\Delta\theta_h(t)/\Delta\theta_{hr}$ 的曲线	24
图 15	损耗是分接位置函数的原理	27
图 A.1	老化过程的阿伦尼乌斯(Arrhenius)曲线	28
图 E.1	热点温度对负载电流阶跃变化的响应	40
图 E.2	顶层油温度对负载电流阶跃变化的响应	41
图 F.1	热点和顶层油的总体模型	44
图 H.1	延长的温升试验	50
图 H.2	变压器指数估算图	51
图 I.1	示例中的输入数据	54
图 I.2	示例中的输出数据	57
图 K.1	OF 冷却方式大型电力变压器在正常寿命损失时的允许负载	62
图 L.1	GIC 流入电力变压器	63
表 1	热点温度引起的相对老化率	12
表 2	适用于超铭牌额定值负载的最大允许温度限值	13
表 3	适用于超铭牌额定值负载的推荐电流限值	13
表 4	用于指数方程的热特性参数推荐值	23
表 5	包围体引起的环境温度升高的修正	26
表 A.1	氧化、水解的活化能(E_A)和环境系数(A)	29
表 A.2	不同条件下纸的预期寿命	29
表 A.3	热点温度、氧气和含水量对非热改性纸相对老化率的影响	30
表 A.4	热点温度、氧气和含水量对热改性纸相对老化率的影响	31
表 E.1	250 MVA 变压器的负载阶段	37
表 E.2	每个负载阶段结束时的温度	41
表 I.1	示例中的输入数据	52
表 I.2	示例中输出的数据	55
表 K.1	与变压器负载能力相关的参数示例	59
表 K.2	包含负载周期内允许的负载和相应的日寿命损失(以“正常”天数计)以及最大热点温升的示例表	60

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。

本文件为 GB/T 1094《电力变压器》的第 7 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 1094.7—2008《电力变压器 第 7 部分：油浸式电力变压器负载导则》，与 GB/T 1094.7—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了针对绝缘寿命的一些新的研究结果(见第 6 章)；
- 增加了最大铁芯温度推荐值(见第 7 章)；
- 增加了温升试验中推荐使用的光纤传感器数量(见第 8 章)；
- 修改了热模型，并以普通适用数学形式进行了重写(见第 8 章，2008 年版的第 8 章)。

本文件修改采用 IEC 60076-7:2018《电力变压器 第 7 部分：油浸式电力变压器负载导则》。

本文件与 IEC 60076-7:2018 相比做了下述结构调整：

将 IEC 60076-7:2018 的附录 H、附录 E 和附录 G 分别调整为附录 E、附录 G 和附录 H。

本文件与 IEC 60076-7:2018 的技术差异及其原因如下：

- 用规范性引用 GB/T 1094.2 和 GB/T 1094.14 分别代替了 IEC 60076-2 和 IEC 60076-14，以适应我国的技术条件；
- 增加了规范性引用的 GB/T 2900.95(见第 3 章)；
- 删除了 5.5 最后一段内容“对于没有压力释放装置的密封变压器，应考虑压力过高问题，以避免负载超过铭牌额定值期间油箱发生永久变形”，以符合我国的实际情况。

本文件做了下列编辑性改动：

- 对第 1 章的内容进行了调整；
- 将 3.4、3.5、3.11、3.13、3.14、3.15 和 3.16 的“注 1”调整为“注”；

- 第4章增加引导语,并将“WOP”改为“WCO”、“ppm”改为“mg/L”,同时对符号和缩略语的排列顺序进行了调整;
- 将5.2注中的IEC 60076-1:2011改为GB/T 1094.1—2013;
- 将6.2第5段中的“ppm”改为“uL/L”、第6段中的“200%”更正为“200”、图3图题中的“ppm”改为“uL/L”;
- 将6.3表1中的段更正为注;
- 将8.1.3中c)的“150 mWb/相以下”更正为“ ≤ 150 mWb/相”;
- 将8.2.1注中的表5更正为表4;
- 将表A.1中第三行的 E_A (kJ/mol)改为 E_A (J/mol)、128改为128 000、89改为89 000、86改为86 000、82改为82 000;删除了A.2中第5段“同样的方法也可用于改进IEEE中关于老化加速系数 F_{AA} 和等效老化系数 F_{EQA} 的方程”内容;将表A.3和表A.4中的段更正为注;将表A.4中的10.07更正为10.1;将公式(A.3)中的“ E ”更正为“ E_A ”;
- 对附录C和附录E(本文件为附录G)的文本结构进行了调整;
- 将F.1第1段中的8.2.3更正为8.2.2;
- 附录G(本文件为附录H)中,将图G.1符号说明中的“ x 轴——损耗,单位为kW”和“ y 轴——时间,单位为h”分别更正为“ x 轴——时间,单位为小时(h)”和“ y 轴——损耗,单位为千瓦(kW)”;
- 将G.4中3)的第一句话“额定电流下的热电阻测量值记录之后”更正为“70%额定电流下的热电阻测量值记录之后”;
- 将图I.1和图I.2符号说明中的“时刻(y 轴)”更正为“横坐标轴——时刻”;
- 将附录K中的“ $\theta_o(t=1)=76,5\text{ }^\circ\text{C}$ ”和“ $\theta_h(t=1)=111\text{ }^\circ\text{C}$ ”分别更正为“ $\theta_o(t=31)=76.5\text{ }^\circ\text{C}$ ”和“ $\theta_h(t=31)=111\text{ }^\circ\text{C}$ ”,“ $\Delta\theta_{hi1}=4.95\text{ K}$ ”更正为“ $\Delta\theta_{hi2}=4.95\text{ K}$ ”,并调整了表K.1和表K.2的结构;
- 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、西安西电变压器有限责任公司、特变电工衡阳变压器有限公司、山东电力设备有限公司、中国电力科学研究院有限公司、正泰电气股份有限公司、常州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、广州西门子能源变压器有限公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司贵阳局、明珠电气股份有限公司、江苏华鹏变压器有限公司、正泰高压电气设备(武汉)有限公司、成都西电中特电气有限公司、保定天威保变电气股份有限公司、江苏华辰变压器股份有限公司、广西南宝特电气制造有限公司、保定天威集团特变电气有限公司、吴江变压器有限公司、上海置信电气非晶有限公司、广东鹏鑫电气科技有限公司、湖南华夏特变股份有限公司、宁波奥克斯智能科技股份有限公司、浙江江山变压器股份有限公司、特变电工超高压电气有限公司、浙江白云浙变电气设备有限公司、申达电气集团有限公司、海鸿电气有限公司、扬州华鼎电器有限公司、云南人民电力电气有限公司、卧龙电气银川变压器有限公司、合肥元贞电力科技股份有限公司、国网吉林省电力有限公司电力科学研究院、水发驰翔电气(山东)有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司电力科研院、成来电气科技有限公司、天津市特变电工变压器有限公司、贵州电网有限责任公司电力科学研究院。

本文件主要起草人:高敏华、赵勇进、付欢球、董宏林、张锦、李锦彪、瞿建锋、周繁、迟主升、吕刚、蔡定国、庄杰、张成飞、刘坤、张栋、蒋硕文、黎斌、张亚杰、安振、施闻博、钟汉良、张喜明、郭伟强、姜振军、

段伟、李智、郑军、梁庆宁、高雄鹰、章鹏、鲁玮、熊世锋、赵春明、马立明、周丹、邓军、郑国培、赵文忠、刘君。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1994年首次发布为 GB/T 15164—1994，2008年第一次修订为 GB/T 1094.7—2008；

——本次为第二次修订。

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 系列标准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。目的在于从运行温度和热老化角度对各类矿物油浸渍式电力变压器的负载情况提供指导。
- 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。

本文件从运行温度和热老化角度提供了电力变压器的规范和负载导则。它提供了超铭牌额定容量的负载推荐值,并为设计人员选择新设备的适当额定参数和负载条件提供了指导。

电力变压器 第 7 部分： 油浸式电力变压器负载导则

1 范围

本文件描述了变压器在不同环境温度和负载条件下的运行对其寿命的影响。

本文件适用于矿物油浸渍式电力变压器。

注：电炉变压器的特殊负载能力由用户向制造方咨询。

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 1094.2 电力变压器 第 2 部分：液浸式变压器的温升（GB/T 1094.2—2013，IEC 60076-2：2011，MOD）

GB/T 1094.14 电力变压器 第 14 部分：采用高温绝缘材料的液浸式电力变压器（GB/T 1094.14—2022，IEC 60076-14：2013，MOD）

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）

3 术语和定义

GB/T 2900.95 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

小型电力变压器 small power transformer

无附加的（可拆卸的）散热器、冷却器或散热管（包括波纹油箱）的电力变压器，无论额定值大小。

3.2

中型电力变压器 medium power transformer

三相最大额定容量为 100 MVA、单相最大额定容量为 33.3 MVA 的电力变压器。

3.3

大型电力变压器 large power transformer

三相最大额定容量大于 100 MVA、单相最大额定容量大于 33.3 MVA 的电力变压器。

3.4

周期性负载 cyclic loading

周期性变化的负载（周期持续时间通常为 24 h），该负载是按一个周期内累积的老化量来考虑的。

注：周期性负载既可是正常负载，也可是长期急救负载。

3.5

正常周期性负载 normal cyclic loading

在一个负载周期内的部分时间段内环境温度较高或施加了大于额定负载电流的负载，但从相对热