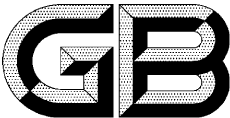
#### ICS 29.180



K 41

,{-b

中

一岳A

人 民 主I 不日 国

国家 标 准

GB/T 1094.3一 2017

#### 代替 GB/ T 1094.3-2003

电力 变压器 第 3 部分 ：绝缘水平 、

绝缘试验和外绝缘空气间 隙

Power transf ormers-Part 3 :Insulation levels , dielectric tests and external clearances in air

( IEC 60076-3 :2013 , MOD)

20 17-12-29 发布

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中 国 国 家 标 准 化 管 理 委 员 会

2018-07-0 1 实施

发 布



##### GB/l' 1094.3-20 17

目 次

前 言 …........ m

引言 … v

1 范围 ·

2 规范性引用文件 ·

3 术语和定义 ··

4 总则 … 2

5 设备最高电压和额定绝缘水平 … 3

6 可改变绕组接线方式的变压器 … 4

7 绝缘试验 … 4

8 己投运变压捕 的绝缘试验 … 11

9 辅助接线的绝缘（ A u x'vV ） …u

10 外施耐压试验（ A \!) …u

11 感应电压试验（ IV W 矛11 I V PD） … 12

12 线端交流耐压试验 （LTAC） … 14

13 雷电冲击试验 （LI 、LIC 、LIN 、LIMT) … 15

1•b 操作冲击试验（ SI） … 21

15 试验失败采取的措施 …n

16 外绝缘空气间隙 …n

附录 A （ 资料性附录） 附录 B （ 资料性附录） 附录 C （资料性附录） 附录 D ＜ 资料性附录）

＊部分与 IEC 6007 6-3 : 20 13 的技术性差异及其原 因 25

确定绝缘试验 、绝缘水平和绝缘间隙 的基本原则 26

由高压绕组向低压绕组传递的过电压 29

询价和订货时需提供 的有关变压器绝缘要 求和绝缘试验的 信息 31

附录 E （资料性附录〉 IEC 60076-3 :2013 中的不同类别绕组的要求与试验 、试验电压水平 、 绕组中性点端子的 *Um* 值的确定和试验电压 、最小空气间隙、中性点绝缘电压水 平计算 33

附录 F （资料性附录） 变压器局部放电测量应用导则 … 4 1

参考文献 … 45

图 1 带有局部放电测量的感应电压试验（IVPD ）施加试验电 压的时间顺序 13

图 巳 过电压 电容传递的等值电路 …m

图 F. 1 使用电容式套管试验抽头的局部放电测量 校准电路 … 41

图 F.2 采用高压搁台电容器的局部放电测量线路 …u

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表 | 1 | 不 | 同 | 类 | 别 | 变 | 压 |  | 器 | 的要求与 | 试 | 验 | … |  | 6 |
| 表 | 2 | 绕 | 组 | 的 | 试 | 验 |  | 电 | 压 | 水平 |  |  | … | I | 7 |

GB/l' 1094.3-2017

### 表 3 分级绝缘变压器中性点端 的试验电压水平 …7

表 4 绕组线端的最小空气间隙

### ··．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．24

表 5 中性点套管带 电部分对地的最小空气间隙 …24

表 A.l 本部分与 IEC 60076-3 , 2013 的技术性差异及其原因 …2 5

表 E.l 不同类别绕组的要求与试验 …33

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ．．  ．． | ．．  ．． | ．．  ．． | ．．  ．． | ．．  ．． | ．  ． | ．  ． | ．  ． | ．  ． | ．  ． | ．  ． | ．  ． | ．．  ．． |
| ．． | ．． | ．． | ．． | ．． | ． | ． | ． | ． | ． | ． | ． | ．． |

表 巳2 试验电压水平

### ．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．． 34

表 E.3 特殊情况下的试验电压水平

··．．．．．．．．．．．．． 35

表 E.4 最小空气问惊

．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．．． 37

n

##### GB/ ' 1094.3-20 17

目。

GB/T 1094《电力变压器》分为以下部分 ： 一一第 1部分 ：总则 ；

一一第 2 部分：液浸式变压器的温升 ；

一一第 3 部分 ：绝缘水平 、绝缘战验和外绝缘空气间 隙；

一一第 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 ； 一一第 5 部分 ：承受短路 的能力 ；

一一第 6 部分 ：电抗器；

一一第 7 部分 ：油浸式电力变 压器负载导则； 一一第 10 部分 ：声级测定 ；

一一第 10.1 部分 ：声级测定 应用导则 ； 一一第 11 部分 ：干式变压器 ；

一一第 12 部分 ：干式电力变压器负载导则 ；

一一第 l <b 部分 ：采用高温绝缘材料的液浸式变压器的设材 和应用 ； 一一第 16 部分 ：风力发电用变压器 ；

一一第 18 部分 ：频率H向应测量 。 本部分为 GB/T 1094 的第 3 部分。

本部分按照 GB/1' 1.1-2009 给出的规则起草 。

＊部分代替 GB/ T 1094.3-200 3《 电力变压器 第 3 部分 ：绝缘水 平 、绝缘试验 和外绝缘空气间 隙》，与 GB/T 1094.3-2003 相比，主要技术变化如下 ：

一一对规范性引用文件进行了调整（见第 2 j言 ，2003 年版的第 2 章） ；

一一增加了绕组的额定 电压的定义（见第 3 章，200 3 年版的第 3 章） ；

一一对绝缘水平标志进行 了调整（见第 5 :il言 ，2003 年版的第 5 掌） ；

一一对绝缘试验顺序和试验项目进行了 调整（见第 7 章.2003 年版的第 7 章） ； 一一对 U"' = l26 kV 变压器要求进行操作冲击试验（见第 7 章 ，2003 年版的第 7 章） ；

一一感应耐压（电压）试验调整为 以 *U*，为基准，并调整了局部放电测量的预力nl毡 压 、测量电压 、刘'!IJ 量

时间和局部放电量限值（见第 11 章，2003 年版的第 12 章）；

一一增补了系统标称电压为 750 k V 幸i:I 1 000 k V 变压器的绕组绝缘水平 和中性点绝缘水 平及外绝

缘空气间隙，并增补了相关的试验要求（见第 7 章和第 16 掌 .2003 年版的第 7 章和第 16 章〉 ；

－一将绕组线端交流耐压试验作为单独的试验项目（见第 7 章和第 12 章，200 3 年｝恒的第 7 掌） ；

一一对雷电冲击试验 和操作冲击试验的要求进行了调整（见第 13 草和第 14 章 ，2003 年版的第 13、 14 、15 章） ；

一一对外绝缘的空气间隙进行了调整（见第 16 章 ，2003 年版的第 16 章） ； 一一对附录进行了调整 ，删除了附录＇ACSD 试验的试验电压” ，新增了“询价 和订货时需提供的有

关变压器绝缘要求 和绝缘试验 的信息”和“确定绝缘试验 、绝缘水平和绝缘 间隙的基本原则”两 个附录（见附录 B 和附录 D ,2003 年版的附录 D) •

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 60076-3 :2013《电力 变压器 第 3 部分 ：绝缘水平 、绝缘试验 和外绝缘空气间隙》 。

本部分与 IEC 60076心 ：2013 相比存在技术性差异，这些差异所涉及的条款已通过在其 外侧页边 窒

田

GB/l' 1094.3-20 17

白处位置的垂直单 线（ ｜ ）进行了标识，附录 A 1:j 1 给出了相应技术性差异及其 原因的一览表。 本部分还做了下列编辑性修改 ：

－一全文示例中的电压均按我国的实际情况进行了调整 ；

一一删除了 IEC 60076-3 :2013 中 3.6 的“注”的内容 ；

一一删除 了 IEC 60076-3 :20 13 的 7.1 中对“钱端雷电截波冲击试验”的注释 ；

一一在 7.3.2.1 中增加了试验时相间感应电压可能超过规 定绝缘水平的提示性内 窑；

一一将 IEC 60076-3 :20 13 的 7.3.2.2 中的“雷电截波冲击试验（ LIC） ”和“中性点端子雷 电全部 冲击

试验（LIN）”调整为型式试验，并作为本部分的 7.3.2.2 的内容 ，将 IEC 60076-3 :2013 的 7.3.2 .2

中的其他 3 个试验项目继续作为特殊试验，并作为本部分的 7.3.2.3 的内容 ；

－一将 IEC 60076-3 :2013 的 7.3.3.1 1=1习的·雷电截波冲击试验 （ LIC） ”和 7.3.3.2 中的·中性点端子

雷电全部冲击试验（ LIN） ”调整为型式试验，并作为本部分的 7.3.3.2 的内容，将 IEC 60076-3 : 2013 的 7.3.3.1 中的其他 3 个试验项目继续作为例行试验，并作为本部分的 7.3.3.1 的内容，将

IEC 60076心：2013 的 7.3.3.2 中的其他 2 个试验项 目继续作为特 殊试验，并作 为本 部分的

7.3.3.3的内容 ；

一一将 IEC 60076号：2013 中表 1的内容调整为本部分的 E.l 的内容 ； 一一将 IEC 60076-3 :2013 中表 2 和表 3 的内容调整为本部分的 E.2 的内容 ；

－一将 IEC 60076-3 :2013 中 7.4 的内容调整为本部分的 巳3 的内容 ；

一一在 13.<L l 中增加了对全绝缘的变压器．当中性点不引出时有关雷电金波 冲击试验电压值 及如 何施加的相关说 明；

一一删除了 IEC 60076-3 :2013 中第 9 章的注和 16.1 的注 2 ;

一一将 IEC 60076-3 :2013 中第 16 章中有关外绝缘最小空气间隙的确定原则和外绝缘最小空气间

｜燎值调整为本部分的 E.4 的内容 ；

一一对附录的顺序进行了调整 ，本部分中增加了附录 A ，将 IEC 60076-3 :2013 仨t-1 的附录 A 改为本 部分的附录 F，附录 B 改为本部分的附录 C，附录 C 改为本部分的附录 D ，附录 D 改为本部分 的附录 E.5 的内容 ，附录 E 改为本部分的附录 B。

本部分由中国电器工业协会提出 。 本部分由全国变压器标准化技术委员会（SAC/TC ，4 ）归口。

本部分起草单位 ：沈阳变压器研 究院股份有限公司 、保定天戚保 变电气股份有限公司 、中国电力科

学研究院 、国家变压器质量监督检验中 心 、特变电工沈阳变压 器集团有限公司 、西安西电变压器有限责 任公司、正泰电气股份有限公司、特变电工衡 阳变压器有限公司、常州西电变压器有限责任公司、国网吉 林省电力有限公司电力科学研究院 、顺特电气设备有限公司 、明珠电气股份有限公司 、新华都特种电气 股份有限公司 、广东电网有限责任公司电力科学研究院 、国网陕西省电力公司 电力科学研究院、广东奥 莱恩电力科技股份有限公司、广东中鹏电气有限公司 、广州中车 骏发电气有限公司 、保定保菱 变压器有 限公司 、保定天戚集团 特变电气有限公司 、中广核工程有限公司。

本部分主要起草 人 ：举忠 国、张喜乐 、张显忠 、李洪秀 、李世成 、任晓红 、李云龙 、王健 、帅远明 、李锦彪 、 孙树波 、聂三元 、郭满生 、敖明 、刘燕 、蔡定国 、宗宝峰 、林春耀 、:x,J 孝为 、王文光 、周月梅 、樊建平 、王维征 、 赵峰 、曾令军 。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为 ：

##### 一一 GB 1094.3-1971 、GB 1094 .3-1979 、GB 1094.3-1985 、GB/'f 1094.3-2003 。

IV

### GB/l' 1094.3-20 17

·‘－

引

在司

;;:f立部分规定了指定绕组及其端子的绝缘要求和 相应的绝缘试验 。本部分还推荐了电力变压器外绝 缘的空气间隙（第 16 :\l在 ）。

＊部分规定的绝缘水平和绝缘试验只适 用于内绝缘 。虽然将变压器 内绝缘规定的额定耐受电压值 作为外绝缘的基准是合理 的，但这种做法可能不符合全部的实际情况 。非自恢复性内绝缘出现的故障 是灾难性的 ，通常会导致变压器长期退出运行 ，而当外部发生闪络时，可能只会使运行 有短暂的中断 而 不会导致永久性 的损坏。因此，为了提高安全性 ，用户可 以规定变压器 内绝缘的试验 电压值比系统中其 他设备的外绝缘耍高 些 。当存在这种差别时．变压器 的外绝缘间隙宜调整到完全能承受内绝 缘的试 验要求 。

附录 B 中提出了根 据设备最高电压 *Um* 来确定变压器的绝缘试验 、绝缘水 平和外绝缘空气间隙的 基本原则。

v

学兔兔 ＼＼＇＼＼＇＼＼＇.bzf X\\'. G Oii!

### GB/l' 1094.3-20 17

电力变压 器 第 3 部分 ：绝缘水 平 、

绝缘试验和外绝缘空气间隙

1 范围

GB/T 1094 的本部分规定了电力变压器所采用的有关绝缘 试验和最低绝缘试验水平 。当用户没 有规定时，本部分推荐了变压器外部带电部件之间及官们对地 的最小空气绝缘间隙。

本部分适用于 GB/T 1094 .1 所规定的电力 变压器 。对于有各自标 准 的某些类型电力 变压器和电 抗器，本部分只有在被这些标准明确引用时才适用 。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅、注 目期的版本适用于本文 件 。凡是不注日期的 引用文件，其最新版本（包括所有 的修改单）适用于本文件 。

GB/1' 311.1 绝缘 配合 第 1 部分：定义 、原则和l规则（ GB/'f 311.1-2012, IEC 60071-1, 2006 , MOD)

### GB/ T 1094 .l 电力变压器 第 1 部分：总则（GB/T 1094.1-2013 ,IEC 60076-1, 2011,lVIOD)

GB/T 2900 . 95 电工术 语 变压器 、调压器和 电抗器 （ GB/ T 2900 .95-2015 , IEC 60050-42 1:

### 1990 ,N EQ)

GB/ T 4 109 交流电压高于 1 000 V 的绝缘套管（ GB/T 4109-2008 , IEC 60137 Ed.6.0 , MC)D) GB/1' 7354 局部放电测量＜ GB/1' 7354-2003 , IEC 60270 :2000 , IDT)

GB/T 16927.1-20 11 高电压试验 技术 第 l 部分 ：一般定 义及 试验要求 （ IEC 60060-1,2010 , MOO)

GB/T 16927.2 高电压试验技术 第 2 部分 ：测 量 系统 （ GB/T 16927 .2-20 13 , IEC 60060亿 ：

### 2010 , MOO)

3 术语和定义

GB/T 1094 .1 和 GB/T 2900 .95 界定的以及下列术语和定义适用于本文件 。

### 3. 1

##### 适用于变压器绕组的设备最高电压 highest voltage for equipment applicable to a transformer ,vinding

u帕

三相系统中相间最高电压的方均根值，变压器绕组绝缘是按此设 计的 。

### 3.2

绕组的额定电压 rated voltage of a ,vinding

*U,*

在处于主分接的带分接绕组的端子 间或不带分接 的绕组端子间指定施加的电压或 空载时感应出 的

电压。对于三相绕组 ，是指线路端子间的电压。

注 1 ：当施加在一个绕生f:l上 的咆应为额定值时 ，在空载情况下 ，所有绕组同时 出现各 自的*ii*定电压值 ．

注 2 ：对于拟联络成垦结 三柑组的单相变压器:iiX:t麦到一 个三相系统的线路与中性 点之间的单相变压器，用相 相电

##### GB/ ' 1094.3-2017

压除以J言来表示额定电压 。例如1 500/,/3 kV。

注 3 ：对于姿接到网络相间 的且在才智变压器，用相 相电压表示额定电压。

注 4 ：对于三相串联变压器的串联绕缀 ，如果该统统设计为开路绕组，如l按照统统l联络成庭结来 给tll额定电压。

##### 3.3

额定绝缘水 平 rated insulation level

一组额定耐受电压 ，表示绝缘 的介电强度特性 。

##### 3.4

额定耐受电压 rated ,vithstand voltage

用于标准绝缘耐压试验指定的试验电压值，以证明绝缘满足指定的试验 电压。

3.5

##### 变压器绕组的全绝缘 uniforn1 insulation of a transformer winding

与变压器绕组端子相连接的所有出线端 都具有相同 的规定的绝缘水平 。

##### 3.6

变压器绕组的分级绝缘 non-un iform insulation of a transf ormer ,vinding

变压器绕组的中性点端子直接或间接接地时 ，其中性点端设计的绝缘水平 低于线端所规定的绝 缘

水平。

4 总则

电力变压器的绝缘要求和相应的绝缘试验，是按指定绕组及其接线端子规定 的。 对 于液漫式变压器或充 气式变压器，这些要求仅适用于内绝缘 。外绝缘补 充要求或试验应由制造

方与用户商定。如果用户对变压器外绝缘空气间 隙没有特别的要求，则按第 16 Jl苦的规定执行 。如果用 户在变压器上的接线可能减小变压器原有的间隙距离时，则应在询价时指明。

套管应按 GB/T 4109 单独进行型式试验和例行试验（包括 满足特殊变压器试验水平的适 当的套管 试验水平），以验证其相对地的 外绝缘和内绝缘 。

当变压器需要在海拔超过 1 000 m 处运行时，则间隙距离应按其要求 进行设计 。同时也有必要选 择比低海拔地区运行时的套管具 有较高 绝缘水平 的套管，见本部分第 16 章和 GB/ T 4109 。

在进行绝缘战验时 ，如有必要，则制造方可以对套管端子采取屏蔽措施 ，但是与套管端子相邻的接 地部分的任何屏蔽应视为运行时变压掘 的一部分（局部放电试验期间所需要的屏蔽除外〉 。

假定所用的套管和分接开关均是按有关标准设计和试验的，但仍需在装 配完整的变 压器上进行绝 缘试验，以便对 这 些组 件的使用和安 装是否正确 进行检查 。如果分 接开关在 其制造 厂内没有按 照

GB/1' 10230.1 进行绝缘例行试验，则按照本部分进行的试验可以 视为该组件的唯一绝缘例行试验 。

｜ 试验期间绝缘系统的温度应不低于 5 ℃，但允许高于 GB/ T 1094.1 规定的试验温度 。

变压器（ 包括可能影响其绝缘介电强度的各 种部件在内）应如同运行 时一样装 配完整 。正常情 况 下，绝缘气体或液体在变压 器进行绝缘试验时不循环流 动，因此冷却器不需要安装 。在试验过程中，用 于收集或检测绝缘故障产生游离 气体的设备应安装并监测 。如果在任 一试验中检测到了故障气体，则 应调查分析故障气体的种类和起因 ，并在制造方与用户的协商下采取进一步措施 。

注 1：试验时．外部过电压保护设备（如 ：避笛器）不需要安装，且宜拆除套管火花放电间隙 或增大间隙以避免在试验 中发生放咆 。

注 2 ：大型电力变压器通 常在绝缘试验前 、后采集 也样进行溶解气体分析 。

液浸式变压器应采用 与运行时同一类型（如 ：矿物油 、醋 、硅油等）和相同性能参数（影响试验的性能 参数） 的液体进行试验。

2

### GB/l' 1094.3-20 17

注 3 ：一些用户会要求采用 D 冷却方式的变压揣在 VPD 试验时保梅 汹的循环流动．以便监测l绝缘 ill!(:I' i1l1 流带电 性能，但这是 一个非常特殊的要求，不在本部分涵盖的范阴之内。

采用电缆盒连接的变压器或直接接到 SF6 金密闭金属外壳电器装 置的变压器 ，如果需要 ，可设计成 用临时套管进行临时连接的结构 ，以便进行绝缘试验 。同样地，也可根据协议 ，用合适的油／空气套管来 代替汹／SF6 套管，以便进行试验 。这种情 况下，替代套管在变压器内部的一 端的设计，包括带电部分的 位置和在变压器内部的 绝缘距离均应与实际运 行时 的套 管相同 （应 在套管尺 寸制造偏差的正 常范 围内） 。

当制造方需要在变压器或分接开关 内部或外部装有非线性元件（如 ：避雷器或放电 间隙〉，以限制传 递的i院变过电压时 ，应在投标阶段和订货时提请用户注意 ，并建议在变压器铭牌，上的电路图中注明 。

在带电运行时 ，如果变压部的任何端子 设计 成开路 ，则还应考虑在开路端子上会产生传递电压的可

能性．参见附录 C。：在 雷电冲击试验中所有非被试端子和 中性点端子通常接地，见第 13 :i1言。

5 设备最高电压和额 定绝缘水平 每个绕组的钱端和中性点端均标出其设备最高电压 *Um* （ 见 GB/T 1094 .1） 。

根据 *Urn* 值的不同 ，变压器绝缘试验的规则是 不同的 。当一台变压器中不同绕组的试验规则之间 有矛盾时，则整台变压器应采用适合于最高 *Um* 值绕组的试验规则。

不同 *um* 绕组的试验规则见表 1。

当串联绕组 （如 ：自隅变压器和移相变压苦苦〉的额定 电压低于系统额定电压时．其 *Um* 值应采用与绕 组连接的系统最高电压对应的额 定电压。

*u...* 的标准值见表 2 .除非另有规定，变压器绕组所用 的 队。值可以等于或略高于绕组额 定电压值 。

注 1 ：对于拟 组成星练’三相细的制自变归罪，用棉闷假定电压除以再说明，例如 ：500/Jr k V。此时相间电压催便决 定了 U州 的选取 ，因而逃 U川 550 kV（也见 GB/T 1094 .1） 。此原则同样适用于 拟用于单相系统的单栩变 ）］£ 梯 ，为了确定试验 电压．用是高相对她也压乘以*J3*作为主事值的 *Um* 。

注 2 ：对于具有两个相反的相刘地电压 的变压部（例如用于铁路供电系统 的变压器）绕组．如：无 另行规定 ，则 *U*.，， 与

非目与相之间的电压相关．

注 3：可能出现所选取的某些分接l毡压略高于 υm 标准值的情况，但绕组所连接系统 的最高电压仍保蹲在这个标准 债之内。由于绝缘要求要与实际的系统条件相 配合，因此窟’将此标 准值作为变 压器的 *U*＂＇值，而不是选取与 其最接近的更高健 ．

注 4 ：在某些极特殊条件下的应用 中．规定其他的耐受电压组合可能是合理的 ，此时，宜按 GB/ T 311.1 的有关规定 。

注 5 ：在某些应用 1户，角结绕主且是通过一个外部端子接 地的 。此时 ，对该统级司要求 按设备最高电 压 *U"' i*应选取 一 个较高的耐受 电压值．且1室 住l造方与J:l'J 户协商确定。

设备最高电压及其制定绝缘水平（一组规定的额定耐受电压值〉 确定了变压器的绝缘特性 。这些特 性用一组绝缘试验来验证 ，见第 7 章。

变压器每个绕组上的设备最高电压值和额定绝缘水平应作为询价 和签定合同 的内容之一 提出 。如 果有一个绕组 为分级绝缘．则中性点端的设备最高 电压值和其额定绝缘水平应按表 3 的规定。

绕组徽、定绝缘水平标志如 下 ：

Um /SI/ LI/ LIC/ AC 连同每个绕组端子对应的相应值（见下例） 。

如果绕组没有指定 SI 或 LIC 耐压水平 ，则标志中将 SI 或 I IC 省略，因此对于未指定操作冲击电压 水平和截断雷电冲击电压水平的绕组绒端和 中性点端的额定绝缘水平标志如下 ：

Um / LI/ AC 连同每个绕组端子对应的相应值 。 如果绕组中性点端与线端具有相同的额定绝缘水平，则中性点端的额定绝缘水平不需要单独标志 。 此处和以下示例中的字母缩 写含义如下 ：

SI 具有最高 *Um* 值的绕组线路端子上的额定操作 冲击耐受电压 ；

3

### GB/l' 1094.3一2017

LI 每个独立绕组端子的额 定雷电冲击耐受电压 ；

LIC 进行截披雷 电冲击试验时的每个独立绕组线路端 子的额定雷电冲击耐受电压 ；

AC 每个绕组端子对地最高额 定交流耐受电压 。

法 6 ：变压部设计时遵循的 AC （自．通 常是该变压根在试验中承受的最高交流 电压。

I-I V一一高压 ； MY一一中压 ； LV一一低压 ；

N一 •＝I性点。

所有绕组的额定耐受电压值均应标志在铭牌上 。 标准标志原则如下例所示 ：

示例 1

标fr,额定电压为 66/ 10.5 kV ,Um ( HV） 为 72.5 k V,Um ( LV） 为 12 kV .两个绕组均为全绝缘和 Y 联络 ．

铭牌标志 ．

HV U.,./ Ll/ AC 72.5/ 325/ 140 kV

LV U.,./ Ll/ AC 12/75/35 kV

示例 2 :

U州（ HV） 线端为 252 k V（额定电压为 220 kV） 分级绝缘 句 Y 联络 j

u削 （ HV） 中性点端为 126 k V，不直接接 地； U削（ l\!IV） 线端为 126 k V，分级绝缘，Y 联络 ； Um < MV） 中性点端为 52 kV，不直接接 地j

Um < LV） 线端为 12 k V ,D 联络 。

铭牌标志 ．

H V Um/SI/ LI/ LIC/ AC 252/750/ 950/ 1 050/395 k V H VN U,./Ll/ AC 126/ 400 / 200 k V

如1V *U*,./ Ll/ LIC/ AC 126/480/ 530/ 200 k V

MV N U,./ Ll/ AC 52/250/ 95 k V

LV Um / Ll/ LTC/ AC 12/75/85/ 35 kV

6 可改变绕组接线方式 的变压器

如无另行规定 ，对于运行中多于一种接线方式的变压器绕组，则应在每种接线方式下都进行试验 。

7 绝缘试验

7. 1 总则

变压器的绝缘性 能由绝缘战验来检验 。以下是对不同试验的说明 ： 一一线端雷 电全波冲击试验（LT）按 13.2 ;

本试验用来验证设备 在运行 过程中耐受瞬态快速上升典型 雷电冲击电压的能力 。用来验证被

试变压器的雷电冲击耐受强度，冲击波施加于线端 。该试验包含高频电压分量．与交流电压试 验不同 ，在绕组中产生的 冲击分布是不均匀的。

一一线端雷 电截波冲击试验＜LIC）按 13.3 ;

与 LI 试验目的相同，本试验用来验证设备在运行过程中耐受某些高频冲击的能力 。该试验包 括全被 冲击和产生电压急剧变化的披尾截断冲击 。截波 冲击试验与全波 冲击试验相比 ，其电 压峰值更高 ，频率也更高 。

4

#### GB/l' 1094.3-20 17

一一中性点端子雷电冲击试验（LIN ）按 13.4 ; 本试验用来验证中性点端子及它所连接的绕组对地及对其他绕组以及被试绕组纵绝缘的雷 电 冲击目［1受强度 。

一一线端操作冲击试验＜ SI）按第 14 章；

＊试验用来验证设备在运行过程中耐受与开关操作 相关的典型的上升时间缓慢瞬态 电压的能 力 。本试验用来验证钱端和它所连接的绕组对地及对其他绕组的操作 11j1击耐受强度 ，同时也 验证相 间和被试绕组纵绝缘的操作冲击耐受强度 。此试验 为单相试验，感应电压分布 在变压 器所有统组上 ，在被试相线端施加电压 ，其他线端开路，被试相线端电压近 似按阻 比确定 。 被试相绕组电压分布与该绕组施加感应电压试验 相似。

一一外施附压 试验 （AV）按第 10 章；

本试验用来验证钱端和 中性点端子以及和它所连接的绕组对地及对其他绕组的 交流电压耐受 强度 ，试验电压施加在 绕组所有的端子上 ，包括中性点端子，因此不存在阻间 电压。

一一线端交流而［1压试验（ LTAC）按第 12 章；

＊试验用来验证每 个线端对地的交流电压耐受强度，试验时电压施加在一个或多个绕组线端 ， 本试验允许分级绝缘变压君在线端施加适合该线 端的电压。

一一感应耐压试验（ IVW） 按 11.2 ;

＊试验用来验证线端 和它所连接的绕组对 地及对其他绕组的交 流耐受 强度，同时也验证相 间 和被试绕组纵绝缘的 交流电压耐受强度 。试验接线按照变压 器运行工况进行 ，试验中对称 电 压出现在钱端和臣 间 ，中性点没有电压 。三相变压器采用 三相电压进行试验。

一一带有局部放电测量的感应电压试验（ I\TPD） 按 11.3 ; 本试验用来验证变压器在正常运行条件下不会发生有害的局部 放电 。以与运行同样的方式在 变压器上施加试验电压 。试验中对称 电压出现在线端和llfil间 ，中性点没有电压 。三相变压 器 采用三相电压进行试验 。

一一辅助接线的绝缘试验（A uxW ） 按第 9 章；

本试验用来验证不与变压器统组连接的变压器辅助接线的绝缘 。 一一在两个或更多 端子同时进行的雷 电冲击试验（ LIMT） 按 13.1.4 .30

＊试验用来验证变压器耐受两 个或更多端子同时遭受雷电冲击时内部电压上升的能力 。该试

验仅适用于一些具有串接绕组 在运行中短接的特殊变压器（ 例如l带有载旁通路的移 相变压器） 或者是在运行中存在两个或更多的端子同时遭受冲击 的变压器 。

注 ：该试验又被称为“双端 窗电冲击试验” ．

7.2 试验要求

7.2. 1 概述

绝缘试验要求包括试验项目和 试验电压水 平两方面，此要求取决于被试变 压器中最高 电压绕组的

*u...* 值 。所要求的试验项目见表l门具体要求见 7.3。

注 ：在两个或更多端子同 时进行的雷咆 冲击试验是一项特殊试验．不考虑 *Um ·*仅适用子一些特殊变 压器 ，相关阐述 不包括在该表巾。

任何超出本部分要求所附加的绝缘试验及其试验电压水平应由用 户在询价 和订货阶段提出 ，因为 这些参数可能会影响产品的 设计（参见附录 D） 。

试验 的详 细 说 明参 见 GB/ T 16927. 1，本部 分 中没有 给 出 的试 验 参 数 和 试 验 值 的偏 差 按

#### GB/T 16927 .1。

5

GB/l' 1094 .3一20 17

##### 表 1 不同类别变压器的要求与 试验

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备最高电压范 院｜ | *u..,;;;;; 12.s* kv | 72.5 k V<U..《170 k V | | Um > 170 k\T |
| 绝缘类型 | 金绝缘 | 全绝缘 | 分级绝缘 | 全绝缘和1分级绝缘 |
| 线端雷电金波冲击试验（ LI) | 型式（包括在 LIC 中〉 | 例行 | 例行 | 例行 |
| 线锹i雷电截波 冲击试验（ LIC) | 型式 | 型式 | 型式 | 型式 |
| 中性点端子雷电金 被冲击试验（ LIN ) | 型式a | 型式a | 型式 | 型式 |
| 线端操作冲击试验＜SD | 不适用 | 特殊 | 特殊 | 例行 |
| 夕｜、施耐压试验 （ AV) | 例行 | 例行 | 例行 | 合1］ 行 |
| 感应耐 压试验（ IVW) | 例行 | 例行 | 例行 | 不适用 |
| 带有局部放电视。最的感应 电压试验（ IVPD) | 特殊b | 例行b | 例行‘ | 例行 |
| 线端交流耐1五试验（L'T'AC) | 不适用 | 特殊 | 例行c | 特殊 |
| 辅助接线的绝缘试验（ AuxW ) | 例行 | 例行 | 例行 | 例行 |
| 注 ：如果用户另有要求 ，不同类别绕组的要求与 试验也可参！提 巳i的有关规定，但需要在订货合同中注明。 | | | | |
| u 对全绝缘的三丰目变压榕 ，当·斗·.性点不引出时，中性点端子雷电金波 冲击试验 （ LIN） 为特殊试验 。  b IVW (:1（］ 试验要求包括’ 在 IVPD 试验中 ，因此只需要一个试验 。此外，U,. = 72.5 kV 且额定容量 为 10 000 kVA  及以上变压榕的 IVPD 试验为例行试验 ．  经用户与制造*)J* 协商一致 ，该类型变压器的 L1·Ac 试验可 EI SI 试验代替。 | | | | |

7.2 .2 试验电压水 平

##### 性i绕组 的设备最高电压 *Um* 确定的标准试验电压水平见表 2 . 表 中不同标准试验电压 水平的选取 ， 与系统中预期过电压条件 的严重性及特定装置的重要程度有关 ，相关导则见 GB/ T 311.1。

所有试验电压均为相电压 。

如无另行规定，则绝缘试验水平应取表 2 中纷出的 *Um* 所对应的最低值 。一般情况下，表 2 中每行 给定的值是配合使用的。如果只规定雷电冲击电压水平，那么与该雷 电冲击电压水平位于同 一行的其 他试验电压值将被果用 。对于每一种试验 ，用户可以规定高于 U肉、所对应的最低值的任何值 ，应优先选 用标准值以便绝缘配合 ，但不必选择表 2 中同一行的数值。如果规定更高的电压水平 ，则应在询价和订 货时说明。

注 ：某些安装条件 下，特别是变压部经由远方电缆或长距离 架空线路供电时 ，会承受频繁的手n重复性的严盟；过电 压 在这种情况下，用户与制造方可以协商确定设备采用较高的雷电 冲击 、操作冲击以及其他试验电压 。例如 对于 *u*.，. ＂二＇ 1.1 kV 的统组可以板’ U峭＝3.6 k V 绕组对应的 电）］£ 进行试验 。为确保设备的安全运行 ，在确定试验 类型和试验电压水平时．要重点考虑过 电压特定的伏秒特性 。

特殊情况下 罗 有报告称 *u..*《36 kV 的变压然通 过真空断路然从电缆的远方合 ｜明或断电时 ，会由于存在i皆被 而 导致（重合闸〉再点燃和蓝复暂态过电压 。在某些情况下，提高绝缘水平可能不足以确保设备的安全可靠性．所 以可能需要 考 虑 采 取 诸 如安装 缓 冲 电路装 置 等 措 施 ，详 细 信 息参 见 IEEE C57. 142-2010 和 CIGRE-

reportl2-14。

##### 表 3 中给出了分级绝缘变压器中性点端的标准试 验电压水平 。

6

### GB/l' 1094.3-201 7

表 2 绕组的试验电压水平 单位为千伏

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统标称电压  （方均根他〉 | 设备最高电压 *Urn*  （方均根值｝ | 笛电金被冲击（ LI)  (1峰俄〉 | 雷咆截 波冲击（LIC) (iii辈值） | 操作冲击  (SI)  (I峰值，相对她 ） | 夕｜、施耐压或线 持*ffl*交流耐压  ( AV）或（LTAC)  （方均根｛应 ） |
|  | 《1.1 |  |  |  | 5 |
| 3 | 3.6 | 40 | 45 |  | 18 |
| 6 | 7.2 | 60 | 65 |  | 25 |
| 10 | 12 | 75 | 85 |  | 35 |
| 15 | 18 | 105 | 1 15 |  | 45 |
| 20 | 24 | 125 | 140 |  | 55 |
| 35 | 40.5 | 200 | 220 |  | 85 |
| 66 | 72.5 | 325 | 360 |  | 140 |
| 110 | 126 | 480 | 530 | 395 | 200 |
| 220 | 252 | 850 | 950 | 650 | 360 |
|  | 950 | 1 050 | 750 | 395 |
| 330 | 363 | l 050 | 1 175 | 850 | 460 |
|  | l 175 | l 300 | 950 | 510 |
| 500 | 550 | l 425 | I 550 | l 050 | 630 |
|  | l 550 | l 675 | l 175 | 680 |
| 750 | 800 | l 950 | *Z* 100 | 1 550 | 900 |
| 1 000 | 1 100 | 2 250 | *Z* 400 | 1 800 | 1 100 |
| 注 1 ：对于系统标称电压为 750 kV 和l l 000 kV 级的产品．制造方与用户也可结合具体工程 的实际情况 ，协商确 定表中规定他以外的其他试验电压水平 。  注 2 ：如果用户另有要求 ，则试验电压水平也可按 E.2 的有关规定选 椒，但需要在订货合同中注 明。 | | | | | |

表 3 分级绝缘变压器中性店、端的试验电压水 平 单位为千伏

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统，际税；电压  （方均根值〉 | 中性点端的设备  ：殷商i电压 *Um*  （方均根值） | 中性点接地方式 | 电全波冲击  ( LI)  （峰值） | 外施耐）］£  (AV)  （方均根值〉 |
| 110 | 52 | 不直接接地 | 250 | 95 |
| 72.5 | 325 | 14 0 |
| 220 | 40.5 | 直接接地 | 185 | 85 |
| 126 | 不直接接地 | 400 | 200 |
| 330 | 40 .5 | 直接饺，地 | 185 | 85 |
| 145 | 不直接接地 | 550 | 230 |

7

GB/l' 1094.3一2017

表 3 （续〉 单位为千伏

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统标称 电压  （方均根值〉 | 中性点端的设备 最高电压 *u..*  （方均根｛自） | 中性点接地方式 | 电全 皮冲击  < LD  （峰｛血） | 夕｜、施耐压  ( A V )  （方均根能〉 |
| 500 | 40 .5 | 直接接地 | 185 | 85 |
| 72.5 | 经小电抗接地 | 325 | 140 |
| 750 | 40.5 | 直接接地 | 185 | 85 |
| 1 000 | 40.5 | 直接接地 | 185 | 85 |
| 72.5 | 325 | 140 |
| 注 1：表 中Um = 52 幸II U,. = 145 是参照 E.2 的有关规定确定的 。用户也可 另行确定中性点端的设备最高电压及 栩应的试验电压水平 ，但能要在订货合 同中注 明。  注 2 ：其他中性点端 U阳 的标准值可 自用户规定（可参考 附录 E 的有关规定通过计算来确定）． | | | | |

7.2.3 试验顺序

试验按 以下顺序进行 ：

1. 雷电冲击试验 （LI 、LIC 、LIN 、LIMT) ;

b ) 操作冲击 战验（SI) ;

c) 外施耐压试验 （AV) ;

d ) 线对交流耐压试验（ L'f A C) ;

e) 感应耐压试验 （IVW) ;

f) 带有局部放电测量 的感应电压试验（IV PD） 。

注 ：这是一个综合性的试验内容，对于特定变压然而言，并非所有试验都适用。 经制造方与用户协商同意，操作 冲击试验可 以在雷电冲击试验之前进行 。

如果要求 IVPD 试验，则在确认 IVPD 试验作为最后的绝缘战验的前提下，经制造方与用户协商同 意，可以调整其他试验项目 的顺序 。

7.3 不同 *U*＂＇变压器的试验要求

7.3.1 *U*＂＇ζ72.5 k\1 变压器的试验

7.3.1. 1 例行试验 例行试验如下 －

a) 外施耐压试验（AV )

应按照第 10 章给定的方法在变压器每个独立 的绕组上进行外施耐压试验，试验电压见表 2。 注 ：为满足试验 的需要 *.um* 《72.5 k V 的变压都绕组通常投金绝缘设计 。

b ) 感应耐压试验 （IVW )

应按照 11.2 给定的方法进行感应耐压试验，相对 地试验电压为（ 2 ×U.. ） ／气厅。如果用户同 意 ， 则该试验可由 IVPD 试验代替，其增强电压为（ 2 ×U ，）／.／言 ，见 7.3.l.3a ） 。

7.3.1 .2 型式试验

型式试验如下 ：

3

##### GB/l' 1094.3-20 17

a) 笛’ 电金波冲击试验（LI)

应按照 13.1 和 13.2 给定 的方法在线端进行 雷电全波冲击试验 ，试验电压见表 2 。

b) 雷电截披冲击试验 （LIC)

应按照 13.1 和 13.3 给定 的方法在线端进行雷电截波冲击试验 ，试验电压见表.2 。

c) 中性点端子雷电金波冲击试验（LIN )

应按照 13.1 和 13.4 给定的方法在中性点端子进行雷 电全被冲击战验 ，试验电压见表 3.

7.3. 1.3 特殊试验 特殊试验如下 ：

a) 带有局部放电测量的感应电压试验（ IVPD)

如果用户要求 ，贝！］试验应按 照 11.3 的方法进行，增强电压（相对地）为（ 1.8 ×*U,) / J* 言，局部放电 测量电压为 （ 1.58 ×*U,) / J* 言。如果用户要求，则可采 用较高的电压水平，此时 ，增强电压（ 相对 地）按＜*J* 言×*U"' >I* 汀，局部放电测量电压 按（1.5 ×*Um > IJ* 言。

如果增强电压采用 （ 2 ×U ，）／厅，则该试验可代替例行感应耐压试验 。 经用户与制造方协商，PD 测量电压可持续较短的时间 ，推荐时间为 5 m in .

b) 在两个或更多端子同时进行的雷 电冲击试验（ LIMT)

如果用户要求 ，则应按照 13.1 的方法和 13. 1.4.3 的接线方式，在两个或更多连 接在一起的端 子进行附加的雷电冲击民验 。如果没有特别指出，则该试验类型为 LI。

7.3.2 72.5 kV<U.， ＂＇＝二 170 kV 变压器的试验

7.3.2 . 1 例行试验 例行试验如下 ：

的 雷电全波冲击试验（ LI)

应按照第 13 章给定的方法在线端进行雷电全被冲击试验，试验电压见表 2。

b) 外施耐压试验 （ AV)

应按照第 10 掌给定的方法在变压器每个独 立的绕组上进行外施耐压试验 。对于 全绝缘变压 器，试验电压见表 2 。对于分级绝缘变压器 ，其中性点端的试验电压见表 3。

c) 感应耐压试验 （ IVW)

应按照 11.2 给定的方法进行感应耐压 民验，相对地试验电压为（ 2 ×*U, ) / J* 言。如果用户同意 ， 则该试验可由 IVPD 试验代替，其增强 电压为（2 ×*U,) / J* 言 ，见下述 e）项。

注 ：对于 U.., = 126 k V 绕绞l.试验I才的相间感应电压可能会超过表 2 的规定筒，制造方在设计 I才宜注意 ．

d) 分级绝缘变压器钱端交流耐压试验（ LTAC)

对于分级绝缘 变压器的统组．应按照第 12 :ll举 结定的方法 和表 2 中的外施电压值对其钱端进行 交流而!11压试验 。经用户与制造方协商，若进行操作冲击试验则可不进行 该试验 。

e) 带有局音f5Jl次电测量的感应电压试验（ IVPD)

试验应 按 照 11.3 的方法进行 ，增 强电压 （ 相对 地 ） 为 C l. 8 ×*u,>!J*言 ，局部放 电测量 电压为

C 1.58×*U,) / U*＂＇。如果用户要求，则可采用较高的电压水平 ，此时，增强电压（ 相对地 ）按（,/3×

*Um* ν汀，局部放电视。量电压按（ 1.5 ×U m ） ／疗。

如果增强电压采用（2 ×*U,) / J* 言，则该试验可代替例行感应耐压试验 。

7.3.2.2 型式试验

型式试验如下 ：

9

GB/l' 1094.3一2017

a) 窜’电截波 冲击试验 C LIC)

应按照 13.1 和 13.3 给定的方法在线端进行雷 电截波冲击试验，试验电压 见表 2 。

b) 中性点端子雷 电全被冲击试验C L.IN)

应按照 13.1 和 13.4 给定的方法在中性点端子进行雷 电全被冲击试验 ，试验电压见表 3。

7.3.2.3 特殊试验 特殊试验如下 ：

a) 操作冲击试验（ SI)

如果用户要求 ，则应按照第 14 意给定的方法在线端进行操作 冲击试验，试验电压见表 2 。如 果用户同意，则在进行了该试验后，可不进行线端交流耐压（ LT.A.C） 试验 。

b) 全绝缘变压器线端交流耐压试验（L1';.\ C)

如果用户要求 ，则对于全绝缘变压器 的统组 ，应 按照第 12 :ll主 给定的方法和表 2 中的外施电压 值对其线端进行交流耐压试验 。

c) 在两个或更多端子同时进行 的雷电冲击试验（LIMT)

如果用户要求 ，则应按照 13.1 的方 法和 13.1.4.3 的接线方式 ，在两个或更多连 接在一起的端 子进行附加 的雷电冲击试验 。如果没有特别指出，则该试验类型为 LI。

7.3.3 *U01 >*170 kV 变压器的试验

7.3.3. 1 例行试验 例行试验如下 －

a) 雷电金波冲击试验 （ LI)

应按照第 13 章给定 的方法在线端进行 雷电全波冲击战验，试验电压见表.2 。

b) 操作 冲击试验 （ SI)

应按照第 14 章给定的方法在线端进行操作冲击试验，试验电压见表 2。

c) 外施耐压试验 （ AV)

应按照第 10 章给定的方法在变压器每个独立的绕组 上进行外施耐压试验 。对于全绝 缘变压 器 ，试验电压见表 2 。对于分级绝缘变压器 ，其中性点端的试验电压见表 3。

d) 带有局部放电测量 的感应电压试验（ *I\TPD)*

试验应 按 照 11.3 的方法进行 ，增强电 压 （ 相对地〉 为 （ 1.8 ×*u,*)/J言 ，局部放 电测量 电压为

C 1.58×*U,) / J* 言。如果用户要求，则可采用较高的 电压水平 此时 增强电压（相对地〉按 *cJ* 言×

*u*＂＇ν汀 ，局部放电测量电压按（ 1.5 ×*U"' > !J3 .*

注 ：对三相变压器而言，I VPD 试验时相间电压水平可能比表 2 中纷出的相对她 AC 耐受电压水平高 ．

7.3.3.2 型式试验 型式试验如下 ：

a) 雷电械波冲击试验（LIC)

应按照第 13 意给定的方法在钱端进行雷电截波冲击试验 试验电压见表 2 .

b ) 中性点端子雷电全波冲击试验（ LIN )

应按照 13.1 和 13.4 给定的方法在中性点端子进行 雷电金彼冲击试验 ，试验电压见表 3.

7.3.3.3 特殊试验 特殊试验如下 ：

l()

##### GB/l' 1094.3-20 17

a) 分级绝缘绕组线端 交流耐压民验（ LTAC)

如果用户要求，9!1J 应按照第 12 章给定的方法和表 2 中的外施电压值对分 级绝缘绕组线端进行 交流耐压试验 。

b) 在两个或更多端子同时进行的雷电冲击试验 C LINIT)

如果用户要求 ，则应按照 13.1 的方法和 13. 1.4.3 的接线方式，在两 个或更多连接在一起的端 子进行附加的雷电冲击试验。如果没有特别指出．则该试验类型为 LIC。

8 巳投运变压器的绝缘试 验

符合本部分的翻新的变压器（例如经过质 保修理或绕组完全重新绕制 、重新装配达到一个全新变压 器的状态、）要求 在完成修理和装配以 后应在 100% 1式验电压水平下进 行所有例行试验。

经修理后功能恢复并且依然被视为符合本部分的变 压器（例如运行多年击 穿后） 需要进行本部分 规定的试验 ，试验电压为原出厂规定试验电压的 80 % 100 %，以检验修理的效果 。一般的原则是经修 理更换后的新部件应在 100 % 试验电压水平下进行试验，而未经修 理的原有部件应在 80 % 试验电压下 进行试验，以验证其是否能继续使用。在新老部件并存的部位同时进行试验的电压 应由制造方与用户 协商确定。IV PD 试验应在原出厂规定试验电压 的 100 % 电压水平下进行 。局部放电量的 判据需要根 据试验情况进行调整 并与协议一致 。

9 辅助接线的绝缘 （A ux\,V)

辅助电源和控制线路 的接线应承受 2 kV （方均根值） 、l min 对地交流外施耐压试验 。如果试验电 压不出现突然下降或 没有击穿特征，则表明通过了试验 。该试验应在变压据制造单位进行 ，除非现场组 装的变压器可用现场试验代替厂内试验 。在工厂内已通过 2 k V 试验的接线因 运输需要拆剑］ E.X: 尚未连 接时，这些接线在变压器运行现场恢复后 ，要复试 2 kV （ 方均根值 ） 、1 min 交流外施耐压试验 ，或进行 1 k V 直流绝缘电阻 的测量 ，阻值不应小于 l *NID,*。

电流互感器二次绕组接线应进行 2.5 k V 、1 n1i n 对地交流外施耐 压试验 ，试验应在制造单 位进行。 如果互感器 的拐点电压超过交流 2 kV ，则试验应在交 流 4 k V 下进行。如果试验电压不出现 突然下降 或没有击穿特征 ，则表明通过了试验 。

辅助设备用的电机和其他二次元件的绝缘要求应符合 相关的标准（此类标 准的要求 通常低于单独 对辅助接线规定的电压值 ，为了对辅助接线线路进行试验 ，有时需临时将辅助设备用的电机及其他二次 元件断开） 。所有固态的 、基于微处理器的设备将 不连接在试验线路中。所有三相低压继 电器和可拆卸 设备应从试验线路中拆除 。

10 外施耐压试验（AV)

试验应依次在变压器 的每个独立绕组进行 。

全电压试验值应施加于被试绕组的 所有连 接在一起的端子与地之间 ，加压时间 60 5。试验时 ，其余 绕组的所有端子 、铁心 、夹件 、iJb 草自等连在一起接地。

外施交流耐受电压试验应 采用不低于 80% 额定频率，波形尽可 能接近 正弦波的单相交 流 电压进

行。应测量电压 的峰值 ，试验电压值应是 测量电压的峰值除以J言。

注 ：接近正弦即 电压lb靠他除以J言与*11*主形的方均很值的偏差不起过 5.% （见 GB/T 16927 .1） .较大的偏差也可以接受 。

试验应从不大于规 定试验值的 1/ 3 的电压值开始．并与测量相配合尽快地增加到试验值 。试验结 束．应将电压迅速地降 低到试验值的 1/ 3 以下 ，然后切断 电源。

11

##### GB/l' 1094.3一2017

如果试验电压不出现突然下降 ，则试验合格 。 对 于分级绝缘的绕组，本试验是按中性点端的规定试验电压进行 。

对于有不同 *Um* 值的绕组在变压器内部连接在一起的（通常为自梢变压器） 变压器端子 ，试验电压 由公共中性点绝缘与其规 定的 *Um* 决定 。

1 1 感应电压试验 （l\'W 和 IVPD)

1 1. 1 概述

本试验通常是在中性点和其他正常运行情况 下处于地电位 的端子接地的情况下进行 。三相变压器 应使用三相对称电压加压。任何不与试验电源相连 的线端端子应开路 。

注 ：当没有中性点连接的统组有感应 电压时．贝I］ 该绕缀每个端子对 地的电应取决于其刘地和其他统组的电容 。试 验期间该绕组的一个端子对地的任何闪络都 能导致其他端子出现超过其本身所承受的 电压水平 的电压。直采 取精施防止出现这种情况 。

试验过程中 ，产生于绕组线端 的电压应与绕组相适应．没有电压波 动，以便阻间试验电压与阻问额 定电压之比和试验电压与额定 电压之比相等 。电压应在最高 电压端子上测量，如果不可行则应 在与电 源相连的端子上测量 。

带分接的变压器 ，除非特别规定或经用户同意 ，一般应在主分接下进行 。 如果用户要求低压绕组施加高于本意规定的特妹试验电压，则应在询价和l订货阶段清楚地注明，并

对试验方法 和可能出现在高 压绕组上的超过规定值的试验电压达成协 议 。 试验应在如同变压器运行条件下进行 。为完成试验，电压可由任何绕组感应产生，也可通 过特殊绕

组或调节分接而感应产生 。

应在变压器一个绕组的端子上施加一交流电压．其波形应尽可能接近正 弦披 。为了防止试验时励 磁电流过大 ，试验时 的频率应适 当地比额定频率高 。

按 GB/T 16927 .1定义的感应试验电压的峰值和感应试验电压方 均根值均应 进行测量，取峰值除 以,/2后 的值与方均根值两者间的较小值作为试验 电压值 。

1 1.2 感应耐压试验 （IVW)

除非另有 规定 ，当试验电压频率等于或小于 2 倍额定频率时，其全电压下的试验时间应为 60 s。当 试验频率坦过两倍额定频率时 ，试验时间应为 ：

额定频率

120 ×一一一一一（叫 ，但不少于 15 s

1孔*$Z* 拥王和

试验应在不大于规 定试验电压的 1/ 3 电压下接通电源 ，并应与测量配合尽快升至试验电压值 。施 加电压达到规定的时间后．应将 电压迅速降至试验电压的 1/3 以下，然后切 断电源。

如果试验电压不出现突然下降 ，则试验合格 。

1 1.3 带有局部放电测量的感应电压试验 （ IVPD)

##### 1 1.3.1 概述

当用户指定的套管的局部放电 水平会影响变压器局部 放电视。量的准确性 时，允许在试验中用无 局 部放电的替代套管进行试验 。

1 1.3.2 试验持续时间和频率

除非另有 规定 ，当试验电压频率等于或小于 2 倍额定频率时，对于 *U*.，， 《800 k V 的变压器，其增强 电压下的试验时间应为 60 5，对于 Um >800 k V 的变压 器，其增强电压下的试验时间应为 300 5。当试 验频率超过两倍额 定频率时 ，试验时间应为 ：

12

GB/l' 1094.3-20 17

锁定频率

120 ×古古古－：：：；：：；－ (s），但不少于 15 s(Um 《800 *k \1)*

##### 或

额定频率

600 × 一一一言（ s），但不 1（；－于 75 s(Um >SOO k V)

耳金 .JI 平 ／

除了增强电压水平下的试验持续时间外 ，其他试验时间 与频率无关 。

1 1.3.3 试验顺序 试验顺序如下 ：

a) 在不大于（ 0.4 ×U，.） ／疗的咆压下接通电源 ；

b) 试验电压升高至（0.4 ×U,)/,/3 .进行背景 PD 测量并记录 ；

c) 试验电压升高 至（ 1.2 ×U ，.）／点，保持至少 1 min 以进行稳定的 PD 测量 ；

d) 测量并记录 PD 水平 ；

e) 试验电压升高至 1 h 的 PD 测量电压，保持至少 5 mi n 以进行稳定的 PD 测量 ；

｛〉 测量并记录 PD 水平 ；

g) 电压上升至增强电压 ，保持时间按 11.3.2 ;

h) 之后立刻不间断地将电压降至 l h 的 PD 测量 电压 ；

i) 测量并记录 PD 水平 ；

j ) 保持 1 h 的 PD 测量电压至少 1 h，并进行 PD 测量 ；

k) 在 1 h 内每隔 5 m in 测量并记录 PD 水平 ；

1) 1 h 的 PD 测量最后一 次完毕后，降低电压至（1.2 ×U ，）／点，保持至少 1 min 以进行稳定的 PD

测量 ；

m） 测量并记录 PD 水平 ；

n) 试验电压降至（0.4 ×*U,) / ,/3 .*进行背景 PD 测量并记录 ；

o) 试验电压降至（0 .4 ×U，） ／厅以下 ；

p) 切断电源。 整个测量时间内至少应能在一个测量通 道连续观测到局部放电水平 。

在试验期间应记录任何明显的 PD 起始电压和熄灭电压 ，以利 于在不满足试验要求的情况下评估 试验结果 。

注 ：记录任何明显的 *P D* 表征参数（相角 、也且在放电电街 和数量）有 助于对试验结果的评判。

不同 *Um* 的变压器的增强电压水平和 1 h 的 PD 测量 电压见 7.3.1.3、7. 3.2.1 和 7.3.3.l。 试验顺序的主要特征见 图 1:

增强，也应

tn

t

试验时间

l h的PD测:!JI:电压

(1.2×（*f.)/J*τ



(0. 4 ×*U,)/J*言

注 ：增强电压水 平和l 1 h 的 PD 测量I毡压 见 7 .3.1.3、7.3.2.1 和 7.3.3.1.

图 1 带有局部放电测量的感 应 电压试验（ IVPD） 施加试验电压的时闽顺序

13

GB/l' 1094 .3一2017

1 1.3.4 局部放电 （ PD）测量

局部放电按照、GB/T 7354 规定的方法进行测量。

包括相关套管和电 容姻合器在内 的每个 PD 测量通道均应 按 照 GB/T 7354 给定的视 在电荷法

( pC）校正 。

PD 测量结果用 pC 给出．应参考测量仪器 指示的最高稳态重复脉 冲而得出。 偶然出现 的高幅值局部放电脉冲可以不计入 。

试验期间，对于所有 *um*注72.5 kV 的套管出线端子 试验顺序 中的每个 PD 测量步骤均要进行 局部

放电视！］ 量并记录 。除非另有规定 ，当超过 6 个这样的出线端 子时 仅需测量并记录 6 个 tl:l 线端子 （依最 高电压线端排序） 的局部放 电量 。

注 ：按照 GB/T 4109 *,U*，，..》72.5 kV 的套管均要精用于局部放电测量的试验报｜ 头，但对于 *U,.*<72.5 kV 的变压器 ， 如果规定了该试验为特殊试验，贝I］ 测量方法需要用户与制造方协商一致 ．

1 1.3.5 试验合格判据

如果试验开始和结束时测得的背景 PD 水平均没有跑过 50 pC，则试验方为 有效 。对 于并联电抗 器 背景 PD 水平在 100 pC 也可以接受 。

注 ：jjo 联电抗榕的背景 PD 水平之所以规定的较高是因为试验 时需要高电压 和大咆流．对于试验咆派的过滤是不可 能的。

如果满足下列所有判据 ，则试验合格 。

a) 试验电压不产生突然下降 ；

b) 在 1 h 局部放电试验期间，没有超过 250 pC 的局部放电量记录 ；

c) 在 1 h 时局部放电试验期间 ，局部放电水平无上升的趋势；在最后 20 m i n 局部放电水平元突 然持续增加｜ ；

d) 在 1 h 局部放电试验期间，局部放电水平的增加量不跑过 50 pC;

e) 在 l h 局部放 电测量后电压降至（ 1.2 ×Ur ）／疗时测量 的局部放电水平不超过 100 pC。

如果 c） 项或 d） 项的多I］ 据不满足 ，则可以延长 1h 周期测量时间，如果在后续的连续 1 h 周期内满足 了上述条件，则司认为试验合 格。

只要不产生击穿并且不出现长时 间的特别高的局部放电 ，则试验是非破坏性的 。当局部放电不能 满足验收判断准则时，用户不应简单地断然 拒绝验收 ，而应与制造方就 下一步的研究工作进行协商 。有 关程序 的建议在附录 F 中给出。

12 线端交流耐压试验 （ Ll'AC)

试验时，应使线端 与地之间出现规定 的试验电压 。被试绕组备 相端子依 次进行试验 ，试验时 间、试 验频率和加压方式按感应耐压试验给出 ，见 11.2 。

对于带分接且具有较低 电压统组为分级绝缘的变压器，应选择合适的分接 ，以使最高电压绕组产生 所要求 的咆压，较低电压绕组端子出现的电压应尽可能接近于所要求的试验电压值 。对 于带分接且具 有较低 电压绕组 为全绝缘（需要进行外施耐压试验） 的变压器，分接位置由制造方确定 。

如果试验电压不出现突然下降 ，则试验合格 。

注 ：对于分级绝缘变压糕 ，＊试验仅是对每个线端刘 地进行 耐压试验．不是 以验证校｜ 间或应闷绝缘 为目的 ，因此试 验布置以方便为原 则，例如为 了降低E 间咆压．通 常采用对中性点进行文体的单相试验 。正’港’情况下 ，操作 冲 击试验完全覆盖了本试验的 内容．如果用户要求 ．则局部放 也测萤可在此试验中进行 。

14

GB/l' 1094.3-20 17

13 雷电冲击试验 （ LI 、LIC 、LIN 、Lll\1T)

13.1 对所有雷电冲击试验的要求

13.1.1 概述

有关冲击试验 术语的一般定义 及对试验线路的要求见 GB/ T 169 27 .1。对 认可测量 系统的性能试 验和｜ 例行检查的一般要求见 GB/ T 169 27.2 。更详细的资料在 GB/ T 1094.4 中给出。

液浸式变压器的试验 电压通常是负极性，以减少试验线路中出现异常的外部闪络危险 。用户也可 以规定一个 、多个或所有脉冲为正极性 。如果 !fl用户规定为正脉 冲，则需要在订货或询价时注明 。如果 脉冲极性是？昆合的，则需要额外的说明 ，而且试验顺序由 用户与制造方协商确定 。

在反极性脉 冲施加前 ，应有足够的时 间使剩余电荷消散。

13.1.2 分接位置

如果分接范围不超过 士5 % 且变压器的额定容量不大于 2 500 k VA，贝I］ 雷电冲击试验应在变压器的 主分接进行 。

如果分接范围超过土 5 % 或变压器的额定容量大于 2 500 kVA ，则除非经过同意 ，否则雷电冲击试 验应在变压器的两个极限分接和主分接进行 ，在三相变 压器的每相或 三相组变 压器的每台单相变 压器 上各使用其中的一个分接进行试验 。

如果用户规定 ，或在特殊情况 下（例如 ：单相变压器 、采用多个分接开关或分接 范围不对称时〉，则应 在产生最高 内部电压的分接位置（由计算确定或由低 电压脉冲测量决定〉进行 冲击试验 。如果不同的分 接位置在绝缘的不同部分产生最高 内部电压.911J 应根据协议在三相变压器的 每相各使用其中 的一个分 接进行试验 。

注 ：特别馆主要注意的是对于正反调分接绕组或粗细调 分接统组．选择器在转换升高 （÷〉 和降低（一 〉 分接位置所产

生的内部电压不同 的差异 。

对于粗细调分接统组 ，如果分接转换器带有非线性元件或消弧间隙．变压器在特殊分接位置试验时 这些装置将会动作 ，则这时候可以选择不同分接位置进行试验 。有关原则见 GB/T 1094 .4 。

13.1.3 试验记 录

按照 GB/'f 16927 .2 ，所施加的试验电压应使用测量系统记 录 。记录应 能清楚地表明所施加 电压的 冲击波形（波前时间 、半l峰值时间和d嗲值）。

试验记录应能够显示电压曲线和该曲线的极限值（按照 GB/ T 169 27.1 中的定义） 。 试验电压（经过滤波或对过 冲进行修正后 ，*U* ，见 GB/ T 169 27.1） 的数值应能够显示 在试验记录 c1:1 。 至少应使用两个及以 上的测量通道 。在大多数情况下 ，记录被试绕组流向地 的电流的示波图（中性

点电流）或电窑电流，即传递到非被试短路 统组的 电流，将具有最好的示 伤灵敏度 。记 录从汹箱流向地 的电流或非被试绕组中的传递电压 ，也是一种可供选择的合适的测量记录 。所选择的检测方法应由制 造方与用户协商确定 。

有关示伤判断 、合适的扫描时间值等在 GB/T 1094 .4 中给出。

13.1.4 试验接 线

13.1.4.1 线端雷电冲击试验接线

冲击试验是将 冲击波按试验顺序连续施加到被试绕组的每 一个线端上 。变压 器的其他线端应直接 接地 或为了获得所需要的波形通 过一个阻抗接地 ，该阻抗不应超过线路波阻抗（如果该值 由用户提供）

GB/l' 1094.3一2017

或 400 0 两者中的一个较低者。任何情况下 ，在其他端子上产生的电压不 应大于其额定雷 电冲击耐受 电压的 75 % （对墨结绕组） 或 50 % （对角结绕组） 。每个端子 均应采 用尽可能小 的附加阻抗值来藏得所 需的波形。

如果绕组有中性点端子 ，则该中性点端子应 直接接地或通 过一个低阻抗 （如测量电流用的分流器） 接地 。油箱也应接地 。如果只有在中性点与地之间连接电阻才能获得所需要的波 形，则需要 施加额外 的完整的冲击试验顺序 。在这种情 况下 ，先进行一次不加电阻 的全电压冲击试验，可能达不到需要的波 形，要再进行一次 增加电阻后的试验以获得所需要的被形 。截波（如有要求）可不重复第二次 。

当变压器内部安装了用来限制内部部件上的 冲击过电压 的非线性元件 （如 ：避雷器 ） 时，按 13.2.3。 设备在运行中带的任何内部非线性元件要随设备一起进行试验 。外部非线性元件和其他外部 电压控制 元件（如 ：电容器）在试验期间应断开 。

应保持校 准时与全电压试验时的冲击线路及测量接钱不变 。 除上述主要程序外，其他有关情况 见 13.3.2 和 13.3.3。

注 ：如果用户要求 *un,*《1.1 kV 的低压绕细微冲击试验 ，则正常情况下 将所有的低压端子（包括低压中性点端子）连

接在一起 ，电压较高的销子接地。

13.1.4.2 中性点雷电冲击试验接线

所有其他端子接地 ，雷电冲击直接施加在中性点端子上 。

当变压器 内部安装了用来限制内部部件上 的冲击过电压的非线性元件时 ，按 13.2.3 。设备在运行 中带的任何内部非线性元件要随设备一起进行试验 。外部非线性元件和其他外部电压控制元件在试验 期间应断开 。

对于绕组中性点端子附近带分接绕组的变压苦苦，如果用户无特殊要求 ，则进行 冲击试验 肘，分接 绕 组应在最大分接位置 。

应保持校 准时与全电压试验时的 冲击线路及测量接线不变 。

13.1.4.3 多端子同时进行雷 电冲击试验接线 （LIMT)

用户应规定要连接在一起试验的端子 。

雷电冲击应 同时施加在连接在一起的线路端子 上 ，其他端子接地 。试验水 平 和试验布 置的细节应 经过协商确定 。试验应逐相进行 。

注 ：在该试验中 ，绕组内部 的电压可能会大大超出线端的电压 。

13.2 雷电全波冲击试验 （LI)

13.2. 1 波形 、试验电压值和偏差的确定

试验冲击波应是标准雷 电冲击全波 ：1.2 ,u s土 30 %/ 50 ,u s土 20 % 。

试验电压值应按 GB/1' 16927.1 的定义（运用试验电压函数后） 。如果最大相对 过冲幅值为 5 % 或 更小，则试验电压值可认为是 GB／r 16927 .1 中定义的极值 。

试验电压值 的偏差为土 3% 。

在投标阶段 ，为使 波形符合偏差要求，制造方结合变压器产品对试验设备的适用性进行评估矛u合理 预期是很重要的 。有些情况下，由于变压器本身特 点，如果制造方认为不可能满足波 形并需要采用下列 章节中允许的被形偏差 ，则应在投标阶段明确地提出来 。用户需要的情况下．应提供冲击发生器有 效功 率的数值 。

注 1：运用武（ 1） 可估计满足变压器冲击试验半峰值 时间 50 峭 的冲击发生器的最小功率（该公式仅是一个指导原 则．可能低估了所馆的功率 。之前的相似变压器试验经验可做为有价值的参考） 。

16

100 ×2π ×f ×（l2 ) 2 「*u*L I l2

GB/ ' 1094.3-20 17

式中：

*E* ""' = , ｜ 一一 ｜ ×*S ,.* （ 1 )

z ×*U2* I 可 ｜

E川一一冲击发生器所 需最小功率 ，单位 为焦耳 CJ ) ;

*j '* 一一变压器额定频率 ，单位为赫兹（ F-lz) ;

*t 2* 一一半峰值时间，单位为在j、“） *; t z* = 50 ×10 -6 S ;

*z* 一一以百分数表示 的短路阻抗 ，从施加 冲击的端子一侧看进去．见 GB/ T 1094.1;

*u* 一一 绕组相间额定电压，单位为伏 C V) ;

*U1.1* 一一试验绕组全波雷 电冲击电压，单位为伏（ *\1)* ;

*r;* 一一每套冲击发 生器的效率；可 1.0 ;

*S* ，一一三相额定功率，阻抗 z 以此为基准 ，单位为伏安（ VA） 。 如果由于绕组电感较 小或对地电容较 高而使变压器不能达到标准 冲击波形 ，并使冲击 波形产生振

荡以致冲击相对过 冲幅值超过 5 %，贝IJ 对于要进行 雷电截波冲击试验的绕组，可以增加波前时间 以减小 过冲。对于 *Um* 《800 k V 的变压器，波前时间不应 超过 2.5 µs。如果全被 冲击试验水平相对过 冲幅值 超过 5 % ，贝IJ 应当按照 GB/T 16927 . 1，采用试验电压函数来 确定试验电压值 。允许忽略 过 冲值而按照

GB/T 16927.1-2011 中附录 B 的要求来估计雷电冲击的参数 。

注 2 ：本意给出 了处理过 中幅值超过 5% 的两种方法．增加波前时 间，但如i超过 1.2 ρ＋30 %，则需要进行截波高频 试验．此外如果过 冲阳值超过 5% .且按照 ＜＿B/T 16927.l 采用试验电压 函数的波形振 荡频率超过 100 kH z , 则需主要增加冲击。每｛自咆压（记录 ｜拍线的最大能〉 。

对于 Um >SOO k V 的变压器 ，由于较高 的对地电容无法使彼前时间小 于 2 .5 µs ，在这 种情况下，经 制造方与用户协商．可 以接受较长的波前时间 。

如果采用 13.1.4 .1 所述的方法满足不 了最短半峰值 时间的要求 ，则经制造方与用户协商，可以接受 更短的半峰值时间．但半峰值时间比 40 ρ 每小 2 µs ，则试验电 压增加 1% 。最小的主｜主 峰值时间不能小 于 20 川。在升压发电机变压器低压绕组的布置使 变压器在运行 中不会直接承受雷 电冲击 的情况下 ，对 于波形 的要求可经协商确定 。

进一步 的导则见 GB/T 1094 .4 。

13.2.2 不带非线性元件变压器的 雷电冲击试验

13.2.2.1 试验顺序 试验顺序包括 ．

a) 一次 50 % 70 % 全电压的参考 冲击 ；

b) 随后三次 100 % 全电压的 冲击。

如果在任何一次冲击下 ，在线路中或在套管间隙处产生 了外部闪络，或者在任 何规定测量通 道上的 示波记录图失效 ，则这一次冲击不应计人 ，并需重新施加一次 。

注 ：可以使用不大于 50 % 金电压的多次J巾击，且不必在试验报告中说明。

13.2.2.2 试验判据 如果在降低电压下所记录的电压和电流瞬变波形图与在全电压下所记录的相应的瞬变波形图无明

显差异，则试验合格 。

注 ：详细地解释试验记 录．并 区分开边缘 区域差异与故 障显示 ，需要熟 练的技能 和1丰 富的经验 。详细的资料在

GB／丁l094.4 中纷出 。

如果电压发生降落或偏离 ，在制造方 与用户协商一致的情况下可以不立即判断试验失败，按试验顺 序完成试验 ，然后参考原来降低的冲击电 压波形重复全试验顺序 ，如果发生进一步的电压降落或偏离 ，

17

##### GB/l' 1094.3一2017

则判定试验不合格 。

试验期间额外的现象（如l异常噪声等）可 用于对记录的解 释，但它们本身不构成依据 。

13.2.3 带非线性元件变压器的 雷电冲击试验

13.2.3.1 试验顺序

当变压器 内部安装了限制传递瞬变过电压的 非线性元件或避雷器时 ，这些保 护装置在试验 过程中 可能发生动作，在不同 电压的冲击记录之间造成差别。在电压的某 一阔值 ，非线性元件造成的 差别开始 出现，试验顺序至少包括该阔值 以下的一次记录 。

试验顺序包括 ：

a ) 一次 50 % 60%全电压的参考 冲击 ； b) 一次 60 % 75 % 全电压 的参考冲击 ； c) 一次 75 % 90 % 全电压的参考冲击 ； d) 三次连续 100% 全 电压的冲击 ；

e) 一次尽可能接近上述 c） 项所试冲击 电压的比较试验电压 的冲击 ；

［〉 一次尽可能接近上述 b） 项所试冲击电压的比较试验电压的 冲击 i g) 一次尽可能接近上述 a） 项所试 冲击电压的比较试验电压的 叫’击 。 参考冲击电压之间应至少互差 10 % （ 以 100% 全电压为准〉。

如果 100 % 金电压下的冲击电 压记录与最低电压下 的冲击电压记录间没有差别，则可省略上 面的 时项 、｛）顷’ 和l g）项。

注 ：可 以使用不大于 50 %全电压的多次冲击 ，且不必在试验报告中说明 ．

如果在任何一次冲击下 ，在线路中或在套管间隙处产生了外部闪络，或者在任何规定测量通 道上的 示波记录医｜失效 ，则这一次冲击不应计人 ，并需重新施加一次。

13.2.3.2 试验判据

如果在降低电压下所记录的 电压和电流瞬变波形图与在全电压下所记录的相应的瞬变波形图无明 显差异 ，则试验合格 。

否则 ，应对下列步骤 1:j 1 电压和电流的记录进行 比较 ： 一 a）项与 g） 项；

一 b）项与 f ） 项；

一 c） 项与 e） 项；

一一所有 100% 全电压冲击记录。 如果所比较的记录没有明显的差别（不包括能够得到合理解释的试验电压的微小 差别） ，且 连续记

录之间的任何变化趋 于光滑 ，与非线性元件的适当动作保持一致 ，9!U认为试验是合格的 。

注 ：详细的资料在 GB/ 1' 1094.4 中给出．

如果电压发生降落或偏离 ，在制造方与用户协商一致的情况下可以 不立即判断试验失败，按试验顺 序完成试验，然后参考原来降低的 冲击电压 波形重复全试验顺序 ，如果发生进一步 的电压 降落或偏离 ， 则判定试验不合格 。

试验期间额外的现象（如异常噪声等）可用于对记录的解 释 ，但它们本身不构成依据 。

13.3 雷电截波冲击试验 （LIC)

13.3.1 波形

全被冲击波形已在 13.2 .1 中纷出。雷电冲击截波的截断时间 在 3 ρ 6 川，从截断瞬间到电压 首

18

### GB/l' 1094.3-20 17

##### 次为零的时间应尽可能短 。试验应在截波 电路没有预加额外阻抗的条件下进行 ，如果在降低 电压下观 察到电压过 冲跑过截波 冲击峰值的 30 % .则需要在截波电 路里增加最小 阻抗 ，以使电压过 冲维持在 30 % 以下 。

截断前已达到雷电冲击峰值时 ，经协商一致 ，截断时间可以在 2 µs 3 µs。

注 ：正常情况下 ，变压器设计能耐受ffi" 电冲击截波试验反极性过 ？中幅值 30 % 。如果变压器试验 l如 第三方进行 ，则过 冲｛自要限制在 30 % 之内。

##### 通常情况下 ，截波试验时冲击电压发生器 和测量设备与全波i式验时相同，只是增加一个截断间隙。 可以用不同的时间基点记录截波雷 电冲击。

推荐使用可以调节时间的触发式截断间隙．也允许使用简单的棒对捧间隙。 截波雷 电冲击峰值由表 2 给出 。

13.3.2 不带非线性 元件变压器雷电截波冲击试验

13.3.2.1 试验顺序

##### 如无另行规定 ，截波冲击试验与全波 冲击试验合并成一个单一的试验顺序，各种冲击波的施加顺序 如下：

a) 一次 50% 70 % 全电压的全波参考 冲击 ；

b) 一次 100 % 全电压的全被冲击 ；

##### c) 两次截波雷电冲击试验电压的截波冲 击 ；

d) 两次 100 % 全电压的全被 冲击。 试验中所采用的测量通道及示波图记录与全波冲 击试验相同 。

注 ：可以使用不大于 50 %全电压的多次 冲击（全波或械波〉 ，且不必在试验报告中说明。

##### 如果在任何一次冲击下 ，在线路中或在套管间隙处产生了外部闪络，或者在任何规定测量通道上的 示波记录图失效．则这一次冲击应不计 入 ，并需重新施加 一次。

各次截波雷 电冲击应尽可能采用相 同的截断时间。

13.3.2.2 试验判据

##### 如果在降低电压下所记录的电压和电流瞬变波形图 与在全电压下所 记录的相应的 ｜瞬变波形图 （包 括直到截断时刻的部分）无明显差异 ，则试验合格 。如果截断时刻后的波 *J*彭有差别 ，则可能是由于截断 球隙微小的时延变化所引起的。

注 ：详细地解释试验记 录 ，并区分开 边 缘 区域差异与故 障显示 ，需要熟练的技能 和l丰 富的经验。详 细的资料在

GB/T 1094.4 中给出 。

##### 如果电压发生降落或偏离 ，在制造方与用户协商一致的情况下可以不立 即判断试验失败，按试验顺 序完成试验，然后参考原来降低的冲击电压波形重复全试验顺序 ，如果发生 进一步 的电压降落或偏离 ． 则判定试验不合格 。

试验期间额外的现象（如异常I噪声等）可用于对记录的解释 ，但它们本身不构成依据 。

13.3.3 带非线性元件变压器的截波雷 电冲击试验

13.3.3.1 过验顺序

##### 截披冲击试验与全波冲击试验合并成 一个单一的试验顺序 。 当变压器内部安装了限制传递瞬变过电压的非线性元件或避雷器时 ，这些保护装 置在试验过程中

可能发生动作，在不同电压的冲击记录之 间造成差别，在电压的某 一 闹值．非线性元件造成的差别开 始 出现，试验顺序至少包括该阔值以 下的一次记录 。

19

GB/l' 1094.3一2017

试验顺序包括 ：

a) 一次 50% 60 % 全电压的全 波参考 冲击 ； b) 一次 60 % 75 % 金咆压 的全被参考 冲击 ； c ) 一次 75 % 90 %全电压 的全被参考冲击 ； d) 一次 100 % 金电压的金波 冲击 ；

e) 两次截波 嚣’ 电冲击试验电压的截披冲击 ；

f ) 两次 100 % 全电压的全波冲击 ；

g) 一次尽可能接近 上述 c） 项所试冲击电压的比较试验电压 的冲击 ；

h) 一次尽可能接近上述 b）项所试冲击电压的比较试验电压 的冲击 ； i) 一次尽可能接 近上述 a）项所试冲击电压的比较试验电压的冲击 。 参考电压之间应 至少互差 10% （ 以 100 % 金电压为准）。

如果 100 % 全电压下的冲击电压记录与最低电压下的冲击电压记录间没有 差别，则可省略上 面的

g）项 、h）项和 i） 项。

最后一次施加截披 冲击与截波 冲击后首次施加 100 % 全波冲击的时间间隔尽应可能 短。

注 ：可以使用不大于 75% 金龟庄的多次冲击（金波或在旦被〉 ，且不必在试验报告中说明 。

如果在任何 一 次冲击下 ，在线路中或在套管间隙处产生了 外部闪络，或者在任 何规定测量通道上的 示波记录 图失效 ，则这一次冲击 应不计人 ，并需重新施加 一次。

试验中所采用的测量通道及示波图记录与全被冲击试验相同。 各次截披 雷电冲击应尽司能采用相同的截断时间。

13.3.3.2 试验判据

如果在降低电压下所记录的 电压和电流瞬变波形图与在金电压下所记录的相应的瞬变波形图（ 包 括直到截断时刻的部分）无明显差异，贝lj 试验合格 。如果截断时亥1］ 后的波形有差别 ，贝I］ 可能是由于截断 球隙微小的时延变化所引起的 。

否则，应对 下列步骤中 电压和｜ 电流的记录进行比较 ： 一 a）项与 i）项 ；

一 b ）项与 h）项 ；

一 c） 项与 g）项 ；

一一所有 100% 全电压i中击记录 ； 一一两次截波 冲击记录 。

如果所 比较的记录没有明显的差别（不包括 能够得到合理解释的试验电压的微 小差别） ，且连 续记 录之间的任何变化趋于光滑 ，与非线性元件的适当动作保持一致 ，则认为试验是合格的 。

注 1 ：详细的资料在 GB/T 1094.4 中纷出．

如果电压发生降落或偏离 ，在制造方与用户协商一致的情 况下可以不立即判断试验失败，按试验顺 序完成试验 ，然后参考原来降低的冲击电压波形重复全试验顺序 ，如果发生进一步 的电压降落或偏离 ， 则判定试验不合格 。

试验期间额外的现象（如异常噪声等 ）可用于对记录的解 释 ，但它们本身不构成依据 。

注 2 : GB/1' 1094.4 中绘出的关于波形估计的信息基守对示波医｜ 记录的视觉观察。在某些情 况下 ，它适合守估计非 标波形的参数，有时人工解释波形偏差的变化比完全依赖软件工 具更有效 。

13.4 中性点端子的雷电全 波冲 击试验 （ LIN )

#### 13.4. 1 概述

所有其他对 子接地 ，在中性点端子直接施）*J*日规定的雷电冲击全波电压。

20

#### GB/l' 1094.3-20 17

注 ：对全绝缘的三相变压 梯 ，当中性点不引出时．全被 冲击试验 电压有J施加子并联连接的三个线端上 ，其电压值 议为该绞端街il定冲击 t受电压值的 70 %，但对电压等级为 20 k\T 及以下的变压桥，加重lj线端上的 电压值建议为 该线端假定冲击耐受电压伯减去 l/ 2 领定电压。

13.4.2 波形

除波前时间允许最大达到 13 ρ外 ，中性点端子的全波 冲击披形见 13.2.1 。

13.4.3 试验顺序

不带非线性元件的变压器按照 13.2.2.1，带非线性元件的变 压器按照 13.2.3.l 。

13.4.4 试验判据

不带非线性元件的变 压器按照 13.2.2.2，带非线性元件的变 压君在按照 13.2.3.2 。 14 操作冲击试验 （ SI)

14. 1 概述

在操作冲击试验期间 ，变压器各个绕组两端产生的 电压大约与它们的阻数成正比。 操作 冲击试验电压由具有最高 U川 值的绕组来确定 。

如果绕组间的变比 可以通过分接来调整＇9!1J 分接位置的选择应尽可能使较低 *u..* 的统组承受与表 2

相应的试验电压 。较低 *U*＂＇绕组可能承受不到全电压 ，这也是可以接受的 。如果较低电 压绕组在 表 2

中没有给出操作冲击水平 ，则除用户另有规定外 ，制造方可以根据试验选择分接位置 。

在一台三相变压器中 ，试验时线端之间产生 的电压应近似为线端与中性点端子之间 电压的 1.5 倍。

14.2 试验接线

冲击披既可以 由冲击电压发生器直接施加到被试最高电压绕组线路端子上 ，也可以施加到较低 电 压的绕组上，通过感应将试验电压传递到最高电压绕组上 。在最高电压绕组线路端 子和地之间 H：现的 电压值应为规定的试验电压值 。应在最高电压绕组线路端子测 量电压。

三相变压器应逐相地进行试验 。

中性点引出的星结绕组 中性点端子直接接地或通过电流测 量分流器等低阻扰接地。可连接在一起 但不接地的另两个非被试端子 上将出现极性相反 ，明值约为 一 半被试端子 电压 的冲击电压 。为了将该 电压限制为约 50 %被试端子电压 ，允许非被试端子通过 高阻值阻尼电阻器 k!l 20 k!l） 接地 。

对角结绕组，相应于该被试相来端的钱端在试验时直接接地或通 过小阻扰接地，其余端子开路 。三

相变压器试验应合理安排 ，以便在每相试验时 三角形不同的端子接地 。引出端子多于三个的角结绕组 在试验时应接成角结 。

对于一个或多个绕组运行中两端都连接于 一条线路的单相变压器 ，如果要求进行操作冲击试验 ，则 操作冲击电压应同时 施加在绕组的两个端子上 。

对于中性点没有引出并且在变压器内部也没有 接地的星结绕组，通 过一个或多个线端接地获得适 当的试验电压通常是不可行的，在此情况下 ，试验接线应由制造方与用户协定确定 。

试验中为防止出现火 花放电，应拆除套管放电间隙或增大 该放电间隙。

14.3 波形

试验电压通常是负极性 ，以减小试验线路中出现异 常外部闪络的风险。 冲击电压波形从视在原点到峰值（视在被前时间 *Tp* 按 GB/ T 169 27.1 中的定义）至少为 100 阳，超

GB/ ' 1094.3一2017

过 90 %规定峰值的时间 CT,1 按 GB/T 16927 .1 中的定义）至少为 200 间，从视在原点到第一个过零点的

全部时间 （ *T*，按 GB/1' 16927.1 中的定义）至少为 1 000 µs.

注 1 这个冲岱波形是有意选择的，它与 GB/T 16927.1 所推荐的 250 µs/ 2 500 1λs 标准波形不同 ，因为 GB/T 16927.1

适用子具有不饱和磁赂的设备 *O i*皮1日时间选择的足够长 ，目的是使沿绕绵 的咆压基本是线性分布 。

试验期间 ，每次全 电压冲击前，通过 向铁心引人反极性剩磁 可以增加从视在原点到第一 个过零点的 全部时间。一般情况下可以通过施加披形 类似但极性 相反的冲击电压来 完成．但电 压幅值不应 超过全 电压的 70 %，也可以使用其他方法来实现 。如果实际 中铁 心达到反极 性全饱和，则从视 在原点到第一 个过零点的全部时间小于 1 000 ρ也是允许的。

注 2 ：试验，期间在险路中会产生可观的磁通．冲击咆压 能够持续3i)J 1洗心达到饱和l并且变压糕的励磁阻抗急剧降低的 瞬间。

对于没有磁芯或带气隙式铁心的试品，允许从视在原点到第一个过零点的全部时间小子 J 000 *Jl S ,*

见 GB/T 109,b. 4 。

14.4 试验顺序

试验应包括 一 次 50 % 70 % 金电压下的冲击和三次连续的全电压下的冲击 。在每次 全 电压冲击 前应进行足够的反极性磁冲击，以确保铁心的磁化状态 是相似的，从而尽可 能使从视在原点到第一个过 零点的全部时间保持一致 。

注 ：在全 电压试验时 ，如果铁心没有饱 和，贝问不进行反极性去磁 ．

示披图应记录被试线路端子上的冲击披形和被试绕组与地之间的电流波形 。如果在任何一 次冲击 下，在线路中或在套管 间隙处发生了外部闪络 ，或者在任何规定测量通 道上的示 波记录图失效，贝。这一 次冲击应不计入．并需重新施加 一次。

14.5 试验判据

如果示波医｜记录仪中没有 指示出电压的突然下降或电压 、电流的中断，则试验合格 。 试验期间的辅助观察（如异常的声音） 可用来验证示 波图记录，但它们本身不构成依据。 注 ：试验期间，由于磁饱和的影响．不同电压冲击下的示波，可能会有差异 。

15 试验失败采取的措施

如果变压器有 任何一种绝缘试验 失败．则修理完毕后，变压器应重复 进行所有 的全电压绝缘试验 。 对于已经承受过试验的不在试验失败或修理范 围内的变压 器部件 ，而 不必再进行试验 。特别需要考 虑 的是污染或暂态过程巨卡，损坏内部其他部件的可能性。

如果变压器不能满足试验要求的原因是由套管引起的，而且 用户认可变压器没有受到任何影响 ，则 允许更换套管后继续完成试验 。

如果由于外在闪络造成变压器试验失败，则需要重复 特定的试验．如果试验成功．则可按试验顺序 完成试验，而前面完成的合格 的试验不需要 重复进行’ 。

16 外绝缘空气间隙

16.1 概述

本意适用于用户没有规定外绝缘空气间｜蝶的情况 。在规定空气间i凉的情况下 ，如果试验需要，则制 造方可使用更高的数值 。

外绝缘空气间隙是指套管端子金属部件之间及其 与变压器部件之间的不穿过套管绝缘子的最短 直

22

GB/l' 1094.3-20 17

钱距离。

本部分不适用于套管自身部分之 间的空气间隙，套管的长度应大于给定 的空气间隙以满足套管试 验的需要。

＊部分不考虑鸟类或其他动物带 来的使其距离减小的影响 。

2挥部分假定导线夹持件与其屏蔽罩形状相适应．不会降低原有的 闪络电压；还假定进线布置也不会 使变压器原有的有效 空气间隙减小。应 设计合适的导 体与套管端子连接，不违背本章中给出的 空气 间隙。

如果用户打算采用特定的连接 ，可能减小变压器原有的有效空气间隙 时，贝I］ 应在询价时提 出。 通常．在较高的系统电压，特别是在单台容量小或安装空间有限制的情 况下．欲规定有足 够格度的

空气间隙值可能有一定的技术难度 。本部分采用的原则是 ：提供一个最小的、无危险的间隙 ，不必再·用 论证或试验 的方法来检验它们在各种系统条件下和不同 气候条件下是否有足够的安全 。根据以往经验 和｜ 现行实践而采用的其他间隙值，应由用户与制造方协商确定是否合适 。

除非在询价 和订货时另有规定 ，本部分所推荐的空气间隙均是按变压 器 内绝缘的额定耐受电压，值 制定的 。当变压器的外绝缘空气间隙不低于本部分的规定值 ..EL套管已 按 GB/T 4109 的要 求选择时 ， 则不需进行变压器的外绝缘试验 ，即认为其空气间隙己满足外绝缘的要求 。

注 1 外绝缘的冲击耐受强度与电 压极性有关 ，而 内绝缘 则相反．规定的变压苦苦内绝缘试验 ，一般不能 自动地说明 其外绝缘也满足技术要求 。本部分所惟荐的 空气间隙是按更严格的正极性确定 的。

法 2 ：如果空气间隙按合同采用了 比上述空气间隙还要小时 ，则可能需要根据本部分的第 10 *1*苦 第 14 章给定的通 用方法 ，在变压桥本体上进行 式试验 ，或按照另外适 合变电站 连接设备的标准（如l GB/T 11022 ） ，在筷拟实 际空气间隙布置的外绝缘楼型上进行型式试验 。

如果规定了变压器是在海 拔高于 1 000 m 的地区运行，则其所需的空气间隙．应按每 增加 100 m

（对 1 000 m 海拔而言） ，加大 1% 的正常海拔下的 空气间隙值 。 本部分给出了下述空气间 ｜璋的要求 ： 一一相对地和相对中性点 的空气间｜肆 ； 一一同一绕组的相 间空气间隙；

一一高压统组线端与较低电压绕组线端之间的空气间隙； 一一中性点套管带 电部分对 地的空气间隙。

按上述要求所推荐的 空气间隙实际上是最小值 。设计的空气间隙应在变压器外形图标出 。它们是 有正常制造公差的标称值 ，应选择这些值以便实际空气间隙至少等于 规定值。

这些规定应作为变压器符合本部分的推荐值的证明 ，否则变压器应符合合同所规 定的修改值。

16.2 闽陆要求

表 4 给出了每个 *Um* 值对应的不同雷电冲击电压和操作冲击电压下的空气间隙要求 。 相对相的空气间隙只适用于同一绕组 的线端之间，相对地的空气间隙适用于所有其他空气间隙（包

括对其他绕组的线端和中性点端子）。

注 ：如果用户另有需要 ，则最小空气间隙也可 按 E.4 的有关规定．但需要在订货合同中注明。

表 5 中列出了系统标称 电压为 110 kV 1 000 kV 变压部的中性点套管带 电部分对 地的空气间隙 要求 。

23

### GB/l' 1094.3一2017

表 4 绕组线端的最小空气间隙

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统标称’电压  （方均根健〉  kV | 设备最高  电压 *Um*  （方均根值）  k\l | 金波笛电 冲击电压  （峰值）  k V | 操作冲击 电压  (ili革值〉  kV | 最小空气间隙 | |
| 相对地  口Hn | 相对相  盯Em |
|  | 《1.1 |  |  |  |  |
| 3 | 3.6 | 40 |  | 60元 | 60汕 |
| 6 | 7.2 | 60 |  | 90 | 90 |
| 10 | 12 | 75 |  | 125 | 125 |
| 15 | 18 | 105 |  | 180 | 180 |
| 20 | 24 | 125 |  | 225 | 225 |
| 35 | 40 .5 | 200 |  | 340“ | 340' |
| *66* | 72.5 | 325 |  | 630 | 630 |
| 110 | 126 | 480 | 395 | 950 | 950 |
| 220 | 252 | 850 | 650 | 1 600 | 1 800 |
| 950 | 750 | 1 900 | 2 250 |
| 330 | 362 | 1 050 | 850 | 2 300 | 2 650 |
| 1 175 | 950 | 2 700 | 3 100 |
| 500 | 550 | 1 425 | 1050 | 3100 | 3 500 |
| l 550 | 1 175 | 3 700 | 4 200 |
| 750 | 800 | l 950 | l 550 | 5 800 | *6* 700 |
| l 000 | l 100 | 2 250 | 1 800 | 7 200 | ,. |
| ·若用户在 订货时提 出要求 ，则 60 mrn 可力II大至 80 mm ,340 rnm 可力［｜ 大至 365 mrn.  1’ 该*Wi*定绝缘水平通常是且在相变压器 ，因此没有规定栩闷空气闷隙。 | | | | | |

##### 表 5 中性点套管带 电部分对地的最小空气闽隐

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统标称电压  （方均根值）  kV | 中·11点端设备  最高电压  （方均根｛直）  k V | 中性点接地方式 | 中性点雷电金1皮 冲击 电压 （岭值）  kV | 中性点外*fj*毡电压  ｛方均根值）  kV | 最小空气间隙  m n吨 |
| 110 | 52 | 不直接接地 | 250 | 95 | 450 |
| 72.5 | 325 | 140 | 630 |
| 220 | 40 .5 | 直接接地 | 185 | 85 | 340 |
| 126 | 不直接接地 | 400 | 200 | 760 |
| 330 | 40 .5 | 直後接地 | 185 | 85 | 340 |
| 145 | 不直接接地 | 550 | 230 | l050 |
| 500 | 40.5 | 直接接地 | 185 | 85 | 340 |
| 72.5 | 经小电抗接地 | 325 | 140 | 630 |
| 750 | 40 .5 | 直接接地 | 185 | 85 | 340 |
| 1000 | 40 .5 | 直接接地 | 185 | 85 | 340 |
| 72.5 | 325 | 140 | 630 |

24

GB/l' 1094.3-20 17

附 录 A

（资料性附录）

本部分与 IEC 60076-3 : 20 13 的技术性差异及其原因 表 A.l 给出了本部分与 IEC 60076-3 , 2013 的技术性差异及其原因 。

表 A. 1 ＊部分与 IEC 60076-3 : 20 13 的技术性差异及其原因

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 本部分2这条编号 | 技术性差异 | 原因 |
| 2 | 关于规范性引用文件 ，本部分做了具有技术 性差异的调辈在 调整的 情况集中反映在第 2 苦·规范性引用文件’.,1:i ，具体调骏如下 ：  a) 用修改采 用国际衍、lit 的GB/T 311.1代替了！EC 60071-1,GB/T 1094.1 代 替了 EC 60076斗 ，GB/T 4109 代 替了 EC 60137 , GB/T 16927.1-2011 代替了 EC 60060-1,GB/T 16927.2 代替  了！EC 60060亿 ，  b) 用非等效采用 国际标准的 GB/T 2900.95 代替了 EC 60050-421 | 符合我国实际情况 |
| 4 | !EC 标准 中规定试验期间绝缘系统的温度应”不低于 10 ℃”，本标准 将其改为 ··不低于 5 ℃” | 符合我国实际情况 |
| 5 | !EC 标准中规定中险点的绝缘水平由用户规定．本标准中直接按照  GB/T 311.l 纷出了中性点的绝缘水平 | 符合我国实际情况 |
| 7.2.1 中的表 1  7.3.1 7.3.2 7.3.3  B.2.1  B.2.2  B.2 .3 | 对于 *u..*＂二＇170 kV 的统组 .IEC 标 准规定线端笛电截波 冲击试验  ( LIC） 为特殊试验 ，而＇＊标准则规定为型式试验 。  对于 Um > l70 kV 的绕组 ，EC 标 准规定线 端雷电全被 冲击试验  ( LI） 为不适用．而本标准则规定为例行试验 。  对于 Um > 170 k V 的绕组 ，I EC 标准规定绞端筒电椒、议 冲击试验  ( LIC） 为例行试验 ，而 本标准则规定为型式试验 。  !EC 标准规定 中性点端子 雷电全波冲击试验（ LIN） 为特殊试验 ，而  ＇＊标准则规定为 式试验 。并补充规定 ，对 全绝缘 的芝校｜ 变压俗 ，当 中性点不寻1 1:1:l 时 ，中性点端子该电全波冲击试验（ LIN） 为特殊试验。 IEC 标准规定 U削 72.5 k V 的绕组的局部放电imrJ 最为特殊试验．而 本标准则规定 U,. = 72 .5 k V 且额定容量为 10 000 k VA 及以上变压器  的局部放 电测量为例行试验 | 符合我国实际情况 |
| 7.2.2 中的表 2 和｜ 表 3 | 用我国的试验电压水平代替 IEC 标准的试验电压水 平 ，并增补了分 级绝缘变压 ＃苦 叶’性点端子的试验电压水平 | 符合我国实际情况 |
| 16.1  16.2 | 删除了 IEC 标准中外绝缘空气间隙数值的确定规则． 绕缀线端的最 小空气间隙按我国的实际情况进行了调整 ，并增补了  中性点套管带电部分对地 的最小空气间隙ffi（表 5) | 符合我国实际情况 |
| B.3 | 对试验电压的确定原 则按我国的实际情况进行了更改 | 符合我国实际情况 |
| B.4 | 对绝缘间隙的确定原则按我国 的实际情况进行了更改 | 符合我国实际情况 |

25

##### GB/l' 1094.3一2017

附 录 B

（资料性附录）

确定绝缘试验 、绝缘水 平和绝缘间隙的基本原则

B.1 概述

本部分的目的是通过合适的试验来验证变压器线端对地 、中性点对地 、相间和阻间的绝缘性能 。 依据电压等级和变压器的类型．选择不同的试验来达到验证的目 的。表 2 和表 3 纷出了相互配合

的试验电压 。

:;f立附录总结了＊部分修订的原则 ，修订原则旨在没有增加或降低整体试验水平的情况 下简化试验 和阐明相关的要求，这些试验水平 巳考虑了多年来产品的良好运行经验 。

8.2 绝缘试验

8.2. 1 *u...*《72.5 k V 变压器的绝缘试验

包括配电变压器在 内的此类变压器，通常采用一种设计来 生产大批量 的产品 。此类变压器的试验 时间周期短，费用也适 当。

*u...* 为 72.5 kV 及以下的所有变压器和绕组采用全绝缘结构 ，因此．线端对地 和中性点对地绝缘均

通过外施耐压试验（ AV）来验证。

感应耐压试验 （IVW ）仅需要 验证臣间绝缘，前一版本中所采用 的两倍正常运行电压的试验已经提 供了足够的裕度 。

相间和相对地绝缘的设计可 EEi 雷电全波冲击试验 （ I I ） 来验证．但是为了 限制此类变压器对试验设 备的需求 ，雷电冲击试验保留为型式试验而 非例行试验 。

为了验证新结掏变压器在运行过程 中耐受某些高频 冲击的能力 ，本部分继续沿用前一版本 的规定， 将雷电截波冲击试验（LIC） 规定为型式试验 。

对于 U"' <72 .5 k V 的变压器和 *U...* = 72 .5 k V 且容量小于 10 000 k VA 的变压器，带有局部放电视lj

量的感应电压试验 C IVPD） 被认为越时长且费用高 ，而且其验证 的内容可 以被 IVW 和 AV 试验所覆盖。 因此，该试验被规定为特妹试验 。当变压器运行于特殊条件 ，用户提出要求且缩短试验周期的情况下可 进行该试验 。但对于 *U"'* = 72.5 k V 且 额定容量为 lO OOO k VA 及以上的此类变压器，为 了加强对 产品 质量 的考核，将带有局部放电视。量 的感应电压试验 （IVPD）作为例行试验 ，而非特殊试验 。

B.2.2 72.5 *k\1<U*＂＇ζ 170 kV 变压器的绝缘试验

处于中等电压水平的此类变压器通常是根 据订单生产的 。产 品具有更高 的传输容量，试验中也包 括了更高的质量检验要求 。因为要验证全绝缘和分级绝辑、两种绝缘结 构，所 以产品试验列表中分别给 出了相应的试验要求 。

中性点对地绝缘和全绝缘变压器的钱端对地绝缘用 外施耐压试验（ AV） 来验证 。对于分级绝缘 变 压器，由于受 中性点绝缘试验水平的限制，外施耐压试验 （ A V）不足以验证线端对 地绝缘 。因此，分级 绝缘变压器线端交流耐压试验（ LTAC）是例行试验 ，但在协商一致的情况下，该试验可由操作 冲击试验 (SI）代替，所以此类变压器可采用与更高电压 等级 的变压器类 似的方式进行 试验 。

相间绝缘和相对地绝缘 也可由作为 例行试验的雷 电全被冲击试验 C L ） 来验证 。为了验证新结 构 变压榕在运行过程中耐受某些高频 冲击的能力，将雷电截波冲击试验（ LIC）规定为型式试验 。

为了验证臣间绝缘 和相间绝缘，两倍额定电压的感应耐压试验 （ IV \V ） 和带局部放电测量的感应 电

26

##### GB/l' 1094.3-20 17

压试验（IVPD）被规定为例行试验 。为了缩短i式验时间而不是重复两次同一类型的绝缘 试验，可以将 rvw 试验电压作为 IVPD 试验的增强电压进行试验．从而将 这两种试验合并为 一种试验．这也与变 压 器的运行条件相近 。

B.2.3 Um> 170 kV 变压器的绝缘试验

此类变压器覆盖了 最大容量输变电变压棒和发电机变压器 。对于这些数量有限的大型和重要的产 品，有必要按下列试验进行质 量检验 。

为了检验对地绝缘 ，外施耐压试验要求为例行试验 。

IVPD 试验用于验证变压器运行 条件下臣间绝缘 、线端对地绝缘 和相间绝 缘的质量 。操作 冲击试 验（SI）用于验证相间 绝缘和线端对地绝缘的 耐受能力 。因此单独的感应耐压试验是不必要的 ，但如果 需要 .IVPD 试验时增强 电压可增加到两倍额定电压 。

对于此类变压器 ，因为验证其耐受雷电金彼冲击能力是很重要的．因此将雷 电金波冲击试验规定为 例行试验 。而雷 电截波冲击试验＜ I IC） 只是为 了验证新结构变压器 是否能耐受某些高频 冲击的能力 ， 故将雷电截波冲击试验（ LIC） 规定为型式试验 。

对于希望进一 步检验线端对 地绝缘的用户’ ，单相线端交 流耐压试验 （ LTAC） 可 指定为特殊试验。 该试验来自于前面的 感应耐压试验 。

B.3 试验 电压

表 2 和｜表 3 中的试验电压主要是基于 GB／l' 311.l 确定的（其中，仅 *Um* 为 800 k V 开11 矶，为1 100 k V 电压等级对应的操作冲击 电压与 GB/ T 311.1不同，采用了 EC 60076-3 :2013 的数值） 。GB/ T 311.1 中给 出的低于可接受限值的数值都不包括在表中 。对应每一个 U恤，表中还给出了 可能的试验电压值 的范围， 使得变压器 的规格与特殊系统的要求相匹配 ，同时提供了最小标准值 。

操作冲击耐受水平 （SI） 和雷电冲击耐受水平（ LI）·均来自于 GB/ T 311.1，操作冲击耐受水平（ SI ） 通 常介于雷 电冲击耐受水平（LI） 的 0.76 倍到 0.82 倍之间（ EC 60076-3 :2013 为 0.8 倍到 0.85 倍之间） 。

表 2 和表 3 中的数值在不引人过度偏差的原则下进行了取整处理 。

考虑到基准由 *um* 改为 矶，放 局部放 电测量电压值采用 1.58 ×*U,/ ./3* （ 相 当于 1.5 ×*U,/ ./3* 加上

5 % ） 和 1.8 ×*U,/ ./3*（ 相当于 1.7 ×*U,/ J*引n上 5 % ） 。这与 IEC 60076-3 :2013 和 IEEE C57 .12 .00-2010

保持一致。

B. 4 绝缘闽醋、

通常情况下，表 4 中的相对地一栏 给 出的最小空气间隙数值应该取 GB/T 311.1 中与雷电冲击或 操作冲击水平对应的 数值中的最大值，其中棒与构架的间隙数值适用于雷 电冲击水平小于 850 k V 者 ， 导线与构架的 间隙数值适用于 850 k V 及以上者 。然而 ，考虑到 *u..* 为 126 k V 变压器的 IV\V 试验耍用 三相法进行，且 还需进行 SI 特殊试验，故将其外绝 缘空气间隙由原来的 880 mm *)J*日大到 950 1nm 。此

外，由于本部分前一版本 中，U刷 为 252 k V U州 为 550 k V 电压等级的相对地最小空气间隙数值均比按 上述原则确定的数值大 ，为安全起见，对于这些 电压等级 的最小空气间 ｜戴数值，本部分继续沿用前一版 本的规定。而对于 *U* ＂＇为 800 kV 和 *Um* 为 1 100 k V 电压等级 ，相对地最小空气间隙则按国内现有产品 的实际情况规定。表中没有给出 的数据可用线性情值法来得到，并将数值调整到以 10 mm 或 100 mm 结尾。

表 4 中的相间间隙数值是基于 GB/T 311. 1 中以相间操作冲击电压为 基础的导线 电极之间的距

27

##### GB/l' 1094.3一2017

离，与 IEC 60076-3 : 2013 对应的相间间隙数值相当，是相间与相对地操作冲击电压 的比值为 1.5 时对应 的相间间隙数值 。表中没有出现 的数据可通过三阶多项式回归法．在基于相 间与相对地操作 冲击 电压 的比值为 1.5 的关系下 ，通过插值再处理得到 。例如 ，对于相对地操作 冲击 为 1 425 k V 、比值为1.7 的

变压棒，与相对地操作冲击 为 l615 k V 、比值 1.5 的变压都具有相同的最小相间间隙 7 200 mm . 这是 因为两者具有相同的相 问操作冲击电压值（1 <b 25 *k \1*×1.7 = 1 615 k V ×1.5 = 2 422.5 k V） 。

28

### GB/l' 1094.3-20 17

附 录 C

（资料性附录） 由高压绕组向低压绕 组传递的过电压

C.1 概述

GB/ 1' 311.2 从系统的观点阐述 了过电压传递的 问题。下面给出的资料仅涉及到在特 定使用条件 下与变压器本身有关的问题。所考虑的传递过电 压，或者是瞬变 冲击波，或者是工频过电压 。

注 ：用户的责任是对低压统组 的负载纷出一些规定，虫日果不能绘出相关的资料 ，制造方可 以提供当低压宣布子开 路时 所预期的传递电压的资料 ，并且给出能保持在可接受的l也压限值内的所需要的电朋值或咆容值 。

C.2 冲击电压的传递

#### C.2.1 概述

关于传递的冲击过电压问题 的研究，一般只是在电压比大的具有大的 臣数比的发电机变 压器和具 有低电压的第三统组的高电压系统用 的大容量变压器上进行 。

由于单相自偶变压器单独试验．因此需要考虑三 台单相；变压器组成三相组时，传递电压出 现在第三 绕组上 的情况。

为确保传递电压不超过特定的水平或确认不需要冲击避雷器 ，传递电压测 量可采用低电压循环冲 击发生器或在冲击试验期间降 低电压进行。

可以很方便地区分两种冲击波的传递 机理 ，即电容传递和感应传递 。

C.2.2 电容传递

传至低压绕组的过电压的 电容传递可近似地看作是一种电容分压 的方式。从低压绕组 看，这 个最 简单的等值电路是由一个电动势和一个传递电容 C，串联组 成，见图 C.l。

等值电动势是高压侧输入 冲击波的一个分数值 五 。c，大约为 10 吁，z 和 c，的数值都不好确定，但

它与冲击波的被前形状有关 ，这些值均可通过示波器测 量确定。预先的计算是不可靠 的。 二次线端上的负载将使传递 的过电压峰值 降低，与端子相连接的 开关 、短电缆或 附加的电容器（几

nF）便是这样的负载 ，它们可看成是（甚至在头 一个微秒期间内）直接 接到二次线端的集中电容 已。至 于长电缆或母线，则要用其披阻扰来表示 。在二次绕组J二 产生的过电压波*l*彭与输入冲击波被前相对应 ， 具有短 时间（微秒数量级〉尖峰的特性 。

、，

*u, u. -r-*

λ

## *c,*



已； *z*

图 C.1 过电压电容传递的等值电路

29

### GB/l' 1094.3一2017

C.2.3 感应传递

冲击 咆压的感应传递与流过高压绕组中的冲击电流有关 。

如果二次绕组上不带有外部负载 ，则电压的瞬变过程波 形通常叠加了一个阻尼振荡波，其频率 由市］ 电感和l绕组电容来确定 。

降低感应传递过电压分 量的有效方法 ，可用避雷器的起阻尼作用的电阻，也可用能改变其振荡的负 荷电容。假 如使用电容器 ，其电容值常为 0.1 µF 数量级（只要电路电感值低．它们便会自动地消除其电 容性的传递分量） 。

涉及感应的冲击传递的变压器参数比较好确定，与电容传递相比 ，它与披上升速率（或频率） 的关系 较小。其进一步 的说明见有关文献 。

C.3 工频过电压的传递

如果与高压绕组紧邻的低压绕组并不接地或者只是通过高阻抗接 地．则当高压绕组励磁时，此低压 绕组将由于电容分压的作用而存在着工频过电压的风险。

对 于单相绕组而言，这种危险是明显的 。但对 于三相绕组而言，如果一次绕组电压是不对 称的，例 如产生接地故障时，贝I］ 这种危险亦存在 。在某些特殊情况下 ，有可能出现共振状态 。

大型变压器的第三统组和稳定绕组也会遭受同 样的风险。用户有责任防止第三绕组偶然出现通过 太高的阻抗接地 。通常 ，稳定绕组是作成内部或外部的永久性接地（接箱壳） 。

过电压是 由各绕组之间以及各统组对地之间的电容来确定的。这种电容可以 在低频下从变压榕的 不同组合 的端子上进行测量 ，同时也可以用计算方 法来确定 ，其计算 的准确度是足够的 。

30

### GB/l' 1094.3-20 17

附 录 D

（资料性附录） 询价和订货时需提供的有关变压器绝缘要求和绝缘试验的信息

D.1 概述

根据绕组的 Um 值的不同 ，在变压器询价 和订货时宜提供每个绕组的如下信息。

注 ：尽管可 以规定变压部低压绕组的 SI 和 IV\.V，但试验期间该值很可能由于变压部变比的 因素而达不到 。

建议在订货时或在设计审查阶段中，对试验的接线和试验程序进行协商 ，特别是对高压绕组为分级 绝缘 的结构复杂的变压器进行感应耐压试验时的接线 ，以及对大容量变压器的低压绕组和中性点端子 进行冲击试验时所采用的方法 。装入变压器 内的非线性保护接置．宜在订货和询价阶段时给出有关 说 明，并应在铭牌，上标明其连接图 。

D.2 对于 *u*＂＇王三72.5 k＼＇的变压器和绕 组 所有情况下 ．

一 *u...* 值 ；

一 *U*，值 ； 一一外施耐压水平 ； 一一雷电全波冲击试验水平 。 特殊情况下 ．

一一是否需要进行局部放电测 量 ，是否与感应电 压试验一起进行或单独进行 ，是否仅在一 台产 品

（型式试验产品）进行还是在所有产品上进行；局部放电测 量电压时间小于 1 h 时的试验时间 ； 一一是否在订单 提供的某一产品还 是所有产品上进行雷电全被冲击试验，而不是仅在 相同型号的

首台产品上进行 ；

一一是否进行雷电截波冲击试验，是否仅在首台产品上试验还是在所有产品上试验 ； 一一是否进行中性 点端子雷电全波冲击试验．是否仅在首台 产品上试验还 是在所有 产品上试验 ， 一一是否多端子同时进行雷电冲击战验，是否仅在首台产品上试验还是在所有产品上试验 ； 一一不同于第 16 章给出的空气间隙值的要求。

*U*＂＇、LI 和l A V 的数值宜优先从表 2 中的同一行选取，因为同一行的值是互相配合 的一组值 ，但允许

选用对应同 um 值不 同行的绝缘水平或对应 于较高一级 *u*＇＂ 的绝缘水平 ，以便与 已有系统的绝缘配 合 。如果规定 ，则 LIC 应当选用表 2 中与 LI 对应的 同一行的数值 。选用不同行的绝缘水平．可能会导 致一些参数的设讨裕度过大 。

D.3 对于 72.5 kV<U"' ＂＇＝二 170 kV 的变压器和绕组

所有情况下 ： 一 *um* 值 ； 一 *U*，值 ；

一一外施ifo1压水平 ； 一一雷电全波冲击试验水平 。

31

### GB/l' 1094.3一2017

对分级绝缘变压器增加 ．

一一选择线端交流试验水平还是选择操作冲击试验 水平（如果规定可选其 ·） . 特殊情况下 ：

一一带局部放电测量 的感应电压试验是否选用较高 电压水平进行试验，能否与 IVW 合并进行 ； 一一是否进行雷 电截披冲击试验 ，是否仅在首台产品上试验还 是在所有产品上试验 ； 一一是否进行中’性点端子雷电全被 冲击试验 ，是否仅在首 台产品上试验还是在所有产 品上试验 ； 一一感应耐压试验的电压 是否不同于两倍额定 电压；

一一是否进行操作冲击试验 ，是否仅在首台产品上试验还是在所有产品上试验；操作冲击试验（ SI) 是否代替 LTAC 试验 ；

一一是否多端子同时进行雷电冲击试验 ，是否仅在首台 产品上试验还是在所有产 品上试验 ； 一一是否对绕组 为分级绝缘的变压器进行线端交流耐压试验 ，如果进行 ，JJ。给出试验电压要 求值 ； 一一不同于第 16 章给出的空气间隙值 的要求 。

um 、LI 、A V 和规定的 LTAC 、SI 的数值宜优先从表 2 中的同一行选 取 ，因为同一行的值是互相配

合 的一组值 ，但允许选用对应同一 *Um* 值不同行的绝缘水平或较高 一级 *Um* 的绝缘水平 ，以便与已有系 统的绝缘配合 。如果规定 ，则 LIC 应当选用表 2 中与 LI 对应的同一行 的数值。选用不 同行绝缘水平 ， 可能会导致一些参数的设计裕度过大 。

D.4 对于 U"'> 170 kV 的变压器和绕组 所有情况下 ．

一 *U*＇＂ 他

一一 *u,* ｛自；

一一雷电冲击试验水平 ； 一一操作冲击试验水平 ； 一一外施耐压水平 ； 特殊情况下 ：

一一带局部放电测量的感应电压试验是否 选用较高电压水平进行 试验 ，

一一是否进行 中性点端子雷电全波冲击试验，是否仅在首台产品上试验还是在所有产 品上试验 ； 一一是否多端子同时进行雷电冲击试验，是否仅在首台产品上试验还是在所有 产品上试验 ； 一一是否对绕组为分级绝缘的变压器进行线端 交流耐压试验，如果进行，则给出试验电压要求值 ； 一一不 同于第 16 章给出 的空气间隙值的要求。

*U*＂＇、SI、LI 、*A\T* 和规定的 LTAC 的数值应优先从表 2 中的同一行选取 ，因为同一行的值是互相配

合的一组值，但允许选用对应同一 Um 值不同行的绝缘水平或对应于较高 一级 U刷 的绝缘水平，以便与 已有系统的绝缘配合 。如果规定 ，则 LIC 应当选用表 2 巨，＝，与 LI 对应的同一行的数值。选用不同行绝缘 水平，可能会导致一 些参数 的设计裕度过大。

32

GB/l' 1094.3-20 17

附 录 E

（资料性附录 ）

IEC 60076-3 :20 13 中的不同类别绕组的要求与试验 、试验电压水 平 、绕 组中性点端子的 U”’值 的确定和试验电压 、最小空气闽醋 、中性点绝缘电压水 平计算

E. 1 不同电压等级绕组的要求与试验

绝缘试验要求包括试验项目 和试验电压水平两方面 ，此要求取决于被 试变压器中最高电压绕组的

*Urn* 值 。所要求的试验项 目见表 E.l.

注 ：在两个或更多端子同 时逃行的窗也冲击试验是一项特殊试验 ，不考虑 *U*＇＂ 仅适用于一些特殊变压器，相关阐述 不包括在该表 巾。

表 E. 1 不同类别绕组的要求与试验

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备最高电压范围 | U，，，＇72.5 kV | 72.5 k V<U，，. ；）； 70 k V | | U州＞170 k\T |
| 绝缘言是 | 全绝缘 | 全绝缘 | 分级绝缘 | 全绝缘和分级绝缘 |
| 线端雷电全被冲击试验（ LI) | 型王飞 | 例行 | 例行 | 不适用（包括在 LIC cj:• ) |
| 线端雷电在旦被 冲击试验（ LIC) | 特殊 | 特殊 | 特殊 | 例行 |
| 中性点培*ffl*子笛电 冲击试验（ LIN ) | 特殊 | 特殊 | 特殊 | 特殊 |
| 线踹操作冲击试验＜ SD | 不适用 | 特殊 | 特殊 | 例行 |
| 夕｜、施耐压试验（ AV) | 例行 | 例行 | 例行 | 例行 |
| 感应耐压试验（ IVW) | 例行 | 例行 | 例行 | 不适用 |
| 带有局部放电iY!I最的感应电压试验（ IVPD) | 特JBli" | 例行’ | 例行暴 | 例行 |
| 线端交流耐压试验＜LTAC) | 不适用 | 特殊 | 例行b | 特殊 |
| 辅助接线的绝缘试验（ AuxW) | 例行 | 例行 | 例行 | 例行 |
| ' IV\V 的试验要求包括 在 IVPD 试验中 ，因此只宿娶一个试验 。  b 经用户与制造方协商一致，该类型变压器的 LTAC 试验可由 SI 试验代替。 | | | | |

E.2 试验电压水 平

由绕组的设备最高电压 *Um* 确定的标准试验电压 水平见表 E.2 . 表 中不同标准试验 电压水平的选 取，与系统中预期过的 电压条件的严重性及特定装置的重要程度有关，相关导则见 IEC 60071-1 .

所有试验电压均为相电压。

如无另行规定 ，则绝缘试验水平 应取表 E.2 中给出的 *urn* 所对应的最小值 。一般情况下．表 E.2 中 每行给定的值是 配合使用的。如果只规定雷电冲击电压水平．那么与该雷电冲击电 压水平位于同一行 的其他试验电压值将被 采用。对于每一种试验 ，用户可以规定高于 *U*°＇ 所对应的最低值 的任何值，应 优 先选用标准值以便绝缘配合 ，但不必选择表 E.2 中同一行 的数值 。如果规定更高的电压水平．则应在询 价和订货时说明。

特殊情况下，虫n果用户认为表 E.2 中给定的最小值太高，则可以选用表 巳3 中的数值。只有在采 取

### GB/l' 1094.3一2017

特殊的预防措施，避免过电压超出变压器 的承受能力的情况下 ，或者已 经进行 了深入 的研究 ，或者该数 值已经被已安装设 备的实践应用 ，才可以选用表 E.3 中的数值 。

表 E.2 试验电压水 平

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 绕组设备最高电 ）］£ *u.,*  k V | 篱电冲击全被（LT) k V | 需电冲击截放 （ LTC) kV | 操作冲击＜ST) kV | 外施jijf 压或线端交流 耐压（ AV） 或（ LTAC) kV |
| < L l |  |  |  | 3 |
| 3.6 | 20 | 22 |  | 10 |
| 40 | 44 |  | 10 |
| 7.2 | 60 | 66 |  | 20 |
| 75• | 83' |  | 20 |
| 12 | 75 | 83 |  | 28 |
| 95 | 105 |  | 28 |
| 110汕 | 121• |  | 34' |
| 17.5 | 95 | 105 |  | 38 |
| 125饲 | 138暴 |  | 38 |
| 24 | 125 | 138 |  | 50 |
| 145 | 160 |  | 50 |
| 150' | 155• |  | 50 |
| 36 | 170 | 187 |  | 70 |
| 200' | 220‘ |  | 70 |
| 52 | 250 | 275 |  | 95 |
| 72.5 | 325 | 358 |  | l <I O |
| 350" | 335• |  | 14 0 |
| 100 | 450 | 495 | 375" | 185 |
| 123 | 550 | 605 | 460拥 | 230 |
| 145 | 550 | 605 | 460' | 230 |
| 650 | 715 | 540” | 275 |
| 170 | 650 | 715 | 540' | 275 |
| 750 | 825 | 6201' | 325 |
| 245 | 850 | 935 | 700' | 360 |
| 950 | l 045 | 750' | 395 |
| l 050 | l 155 | 850" | *4 60* |
| 300 | 950 | 1 045 | 750 | 395 |
| 1 050 | 1 155 | 850 | 460 |
| 362 | 1 050 | 1 155 | 850 | 460 |
| 1 175 | 1 290 | 950 | 510 |

34

### GB/l' 1094.3-20 17

表 E.2 （续）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 统统l设备最高电压 *U,,,*  k V | 笛电冲击余波（ LI) k V | 笛电冲击截波（ LIC) k V | 操作冲击＜SD  k V | 外施耐压或线端交流 耐压（ AV)!jl{ ( LTAC) k V |
| 420 | 1 175 | 1 290 | 950 | 510 |
| 1 300 | 1 430 | 1 050 | 570 |
| 1 425 | I 570 | 1 175' | 630 |
| 550 | 1 300 | 1430 | 1 050 | 570 |
| 1 425 | l570 | l 175 | 630 |
| 1 550 | 1 705 | 1 300' | 680 |
| 1 675' | 1 845' | 1 390汩 |  |
| 800 | 1 800 | 1 980 | 1 425 |  |
| 1 950 | 2 145 | 1 550 |  |
| 2 050' | 2 255“ | l 700' |  |
| 2 100 | 2 310 | l675' | 一 |
| 1 100 | l950 | 2 145 | 1 425 |  |
| 2 250 | 2 475 | l 800 |  |
| 1 200 | 2 250 | 2 475 | 1 800 |  |
| 8 对子4夺定的*u..*，这些 电压值没 有在 ！EC 6007 1-1,2011 中绘 出，但 因在也界一些地方普遍采用或是作为与特殊 的窗电冲击 电压水 平相配合的操作冲击 电压水平，故在此列出。 | | | | |

表 E.3 特殊情况下的试验电压 水平

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 绕主且设备最高电压 *Urn*  k V | 雷咆金波 冲击（ LI) k V | 雷电截波 冲击（ LIC) k V | 操作冲击（ SD  k V | 外施协 压或线端交流 耐压（ AV）或（LTAC) k V |
| 7.2 | 40 | 44 |  | 20 |
| 12 | 60 | 66 |  | 28 |
| 17.5 | 75 | 83 |  | 38 |
| 24 | 95 | 105 |  | 50 |
| 36 | 145 | 160 |  | 70 |
| 60' | 280" | 308' | 230" | 115' |
| 123h | 450h | 495h | 375汩 | 1851、 |
| 1701、 | 550" | 6051、 | 460' | 2301、 |
| 245 | 650" | 7151' | 550” | 275" |
| 750h | 825" | 620' | 3zsto |
| 300 | 850 | 935 | 750 | 395 |

35

GB/l' 1094.3一2017

表 E.3 （续〉

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 绕组设备最高电）*3£ u*阳  k V | 2旨电全放1111击（ LI) k V | fil言电截波冲击（ LIC) k V | 操作冲击＜SD  k V | 外施目前应或线端交流 耐压（ AV） 或（LTAC) kV |
| 362 | 950 | 1 045 | 850 | 395 |
| 420 | 1 050 | 1 155 | 850 | 460 |
| 550 | 1 175 | I 290 | 950 | 510 |
| a 对于特定的队’‘ 这些电压值没有在 IEC 60071-1, 2011 中绘出，但因在世界 一些地方普遍采用或 是作为与特殊 的窗也冲击电压水平栩配合的操作冲击 电压水平．放在此列出。  b 这些值需要特殊考虑，参考 IEC 60071-1:20 11。 | | | | |

E.3 绕组中性点端 子的 *Um* 值的确定和试验电压

E.3.1 乱，《72.5 k＼＇的变压器

中性点端子应经受 与线端一样的外施电压水平。如果要 进行雷电 冲击试验 ，则要在询价 和订单阶 段提出 。

注 ：U m 72.5 kV 的变压器需要进行全绝缘绕组设计 ，以满足试验需要 ．

E.3.2 U,0 > 72.5 kV 的变压器

E.3.2. 1 直接接地的中性点端子 如果中性点端子直接或通过 一台电流互感器牢固地接地而无任何有意接 人的阻抗．则外施交 流耐

受电压至少应为 45 ( 38) kVCUm 二三 17.5 k V） 。可 以规定更高 的电压水平 。 不推荐在中性点端子上进行冲击试验，但可以规定 。

E.3.2.2 不直接接地的中性点端子

中性点端子的 *U* ，.和试验电压应在询价和订单阶段 提出 。中性点端子的 *Um* 取决于其是否设计成 开路状态还是通过一个阻抗接地（见 E.5） 。中性点端子的 *u..* 和l试验电压优先从表 E.2 中选择 。*u..* 不 应低于 17.5 k V 。

如果规定在中性点端子上进行雷电冲击试验 ，则其试验电压水平应在询价和订单阶段提出，其额定 冲击耐受电压可通过试验验证 。橄榄 冲击试验不适用于中 性点端子 。

E.4 最小空气闽隙

IEC 60076-3 : 20 13 中给定的钱端对地直线距离间隙数 据基于 IEC 60071-1 中雷电冲击水 平小于 850 k V 的棒与构架 电极间的布置 ，以及更高 冲击水平 的导线与构架电极的 间隙。使用 由操作冲击或 雷 电冲击决定的最大空气间隙。相对相之间的空气间隙基于 G B/ T 311.1 中以相间操作 冲击电压为基础 的导线电极结构之间的距离 ，相间操作冲击电压等于相对 地操作 冲击电压的 1.5 倍。当雷电冲击电压 水平为 850 k V 及以上时，通常认为套管末端及连接部位是 一个 圆形电极。

IEC 60076心：2013 中给出了下述空气间隙的要求 ：

36

### GB/l' 1094.3-201 7

一一相对地和相对中性点 的垒’ 气间隙； 一一同一绕组的相间空气间隙 ； 一一高压绕组钱端与较低电压绕组线端 之间的空气问｜旗 。

表 E.4 给出 了每个 *Um* 值对应的不同雷电冲击电压和操作冲击 电压下的空气间隙要求 。 相间空气间隙只适用于同 一绕组的线端间，相对地的空气间隙适用于所有其他 空气间隙（包括对其

他绕组的线端和 中性点端子〉 。

表 E.4 最小空气间隙

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备最高电压 | 全波雷电冲击 | 操作冲击 电压 | 最小空气闷｜然 | |
| （方均根值〉 | 电压（峰值） | （ 峰值〉 | 相对他  mn1 | 相对栩  口1m |
| kV | k V | kV |
| 《1.1 |  |  |  |  |
| 3.6 | 20 |  | 60 | 60 |
| 40 |  | 60 | 60 |
| 7 .2 | 60 |  | 90 | 90 |
| 丁飞、 |  | 120 | 120 |
| 12 | 75 |  | 120 | 120 |
| 95 |  | 160 | 160 |
| 110拥 |  | 200汩 | 200' |
| 17.5 | 95 |  | 160 | 160 |
| 125" | 一 | 220 | 220 |
| 24 | 125 |  | 220 | 220 |
| 145 |  | 270 | 270 |
| 15 ” |  | 280' | 280' |
| 36 | 170 |  | 320 | 320 |
| *ZOO'* |  | 380 | 380 |
| 52 | 250 |  | 480 | 4 80 |
| 72.5 | 325 |  | 630 | 630 |
| 350" |  | 630 | 630 |
| 100 | 450 | 375• | 900 | 900 |
| 123 | 550 | 450• | 1 100 | 1 100 |
| 145 | 550 | 460‘ | 1 100 | 1 100 |
| 650 | 540• | 1 300 | 1 soo• |
| 170 | 650 | 540' | 1 300 | l 500· |
| 750 | 620‘ | 1 500 | 1 100· |
| 245 | 850 | *100·* | 1 600 | 2 100· |
| 950 | 750元 | l 700 | 2 300 |
| 1 050 | sso· | 1 900 | 2 600 |

37

GB/l' 1094 .3一20 17

E.4 （续〉

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备最高电压 | 全波雷电冲击 | 操作冲击 电压 | 最小空气闷｜然 | | |
| （方均根值〉 | 电压（Ii辈i 值） | （ 峰值〉 | 相对他  m n1 | | 相对栩  tn m |
| kV | k V | kV |
| 300 | 950 | 750 | 1 700 | | 2 300 |
| 1 050 | 850 | 1 900 | | 2 600 |
| 362 | 1 050 | 850 | l900 | | 2 600 |
| 1 175 | 950 | 2 | 200 | 3 100 |
| 420 | l 175 | 950 | 2 | 200 | 3 100 |
| 1 300 | l 050 | 2 | 600 | 3 600 |
| 1 425 | 1 175" | 3 | 100 | 4 200 |
| 550 | 1 300 | 1050 | 2 | 600 | 3 600 |
| 1 425 | 1 175 | 3 | 100 | 4 200 |
| 1 550 | 1 300' | 3 | 600 | s ooo• |
| l 575• | l 390' | 4 ooo• | | 5 600• |
| 800 | 1 800 | 1425 | 4 | 200 | s soo· |
| 1 950 | l 550 | 4 | 900 | 6 100· |
| 2 050" | 1 700" | 5 800祖 | | 7 900· |
| 2 100 | 1 675" | 5 | 600 | 7 100· |
| l 1()() | 1 950 | 1 425 | • | |  |
| 2 250 | 1800 | 6 | 300 | ’巳 |
| 1 200 | 2 250 | 1 800 | 6 | 300 | ’巳 |
| 8 对中夺定的*U*＇＂傻，这些值没有在 I EC 60071- 1:2011 中给出，此处列出一方面l是因为它们在世界 上一些地 区得到 普遍应用，另一方面与特定 的雷电冲击 电压水平配合 纷出了操作冲击 电压水 平和1空气间隙。  b 对这些额定绝缘水平没有给出空气间隙，是因为校照 I EC 60071-1 不适用于空气绝缘。  e 该锁定绝缘水平通常是单相变 压器 ，因此没有规定相间空气间隙。 | | | | | |

E.5 中性点绝缘电压水 平计算

E.5.1 概述

IEC 60076-3 : 2013 推荐了分级绝缘变压器不直接接地的中性点端 子允许的最小 电压水平的确定。 为了控制故障水平或其他原因 ，r.1 1性点端子可 以通过一个较大的阻扰（如消弧电抗器 、接地电抗辑或电 阻）接地 。

与独立的中性点来端调压变压器连接使用的变压器，其中性点端子电 压水平的确定不包括在内 。 当中性点端子不直接接地时，为 了限制瞬态过电压 ，在中性点端子和地之间需要安装过电压保护装

置 。用户负责选择过电压保护 装置，确定过电压保护装置 的冲击保护水平，以及规定变压器中性点端子 相应的 冲击耐受电压水平 。

38

### GB/l' 1094.3-20 17

注 ：对于分级绝缘变压根．由于要进行线端ji，）受电压试验〈特殊试验） ．制造方可 以将绕组的中性点绝缘水平设计得 高于规定的中性点绝缘水平 。

交流耐压水平要高 于系统故障条件下产生的最大过电压水平 。中｜韭点端子的冲击电压水平和保护 装置 的动作电压之间要有足够的裕度，这二者均要高于 系统故障条件下产生的最大电压 水平。以下公 式给出 了发生在通过阻抗接地 的中性点端子上最大 电压的计算导则。

E.5.2 i:p 性点故障电流计算

双绕组三相变压器（ 星结绕组发生单相接地故障时）最大中性点故障 电流 *I* 1a..11 可按下列公式计算 ：

*I* - 3 ×E

式中 －

fauh 一 （Z 1, + *Z 1,* + Z2, + Z2, + Zo, + Zo,) + 3 ×Z N + 3 ×*z* fo,,h

*E* 一一相对地 电压 等于 *U'"/ .j*言 ，单位为伏（ V) ;

Z 1结 一一网络的正序阻抗，单位为欧姆（ D.) ; *Z 2*，一一网络的负序阻扰，单位为欧姆 （D.) ; Zo♂ 一一网络的军序阻抗 ，单位为欧姆（ D.) ;

*Z 11* 一一变压器 的正序阻抗，单位为欧姆 （D.) ;

z趴 一一变压器 的负序阻抗 ，单位为欧姆 （D.) ;

Zo， 一一变压器的零序阻抗（ 包括任何第三绕组 或稳定绕组），单位为欧姆（ ,Q.) ;

*Z N* 一一中性点与地之间的阻抗 ，单位为欧姆 （D.) ;

*Z* fr.uh 一一故障阻抗，单位为欧姆（ D.） ，设为 0。

注 ：作为导则，按照常去li'.考虑最坏的情况，·1n’使用下列数据 ：

*E =U.,/./3*

*Z .,=O Z z,= O*

2鱼 O

Z ,,0,, = O

E.5.3 最小绝缘水 平

E.5.3.1 外施咆庄最小绝缘水 平

tl:r性点最小外施电压水 平应从表 E. 2 中选择，其值要大于 *U*AC'ncutrnl 。其中 ：

*U*ACneu 1rnl =*f* fouh ×*Z N*

E.5.3.2 最小冲击水 平

中性点冲击电压水平的 选择应使其高于保护装 置动作电压值，并有一定裕度．保护装置的选择应使 其在系统短路故障条件下不动作 。在此条件下最高非对 称峰值电压l生l下式给出 ．

*u*"""'"I ,n,,x =*u*AC"""'''I ×K v ×./2

式中：

*K* v 一一非对称电压系数。

在 ZN 为纯电 阻情况下，K V 与 IEC 60076心 中定义的电流非对称系数 h 相同，但当 ZN 为电感时 －

K v 由于电流的直流分量而减小。当变压器的 X/ R 很高且 ZN 为一较小的电阻时是最坊、情 况，此时，K v 取 2 ，但实际情况下 k v是小于 2 的。在ZN 为纯咆感情况 下 ，变压器 的 X/ R 约为 7 代表了最坏 的情况 ， *K* v 取 1.05 。建议 U川川＂＂采用系统模型来计算 。

39

GB/l' 1094.3一20 17

E.5.4 示例

一台变压器，绕组联结组为 YNd l l，高压额定电压为 155 k V （相当于 *U*＇＂ 为 170 k V ） ，额定容量 为 100 MVA ，基于该容量的正序阻抗为 12 %，零序阻抗为 10.8 %，高压中性，点通过 39 n 的电抗器接地，当 高压线对地发生故障时 ，考虑到系统的短路容量为无 穷大 ，流经商压中性点的故障电流为 ：

*I* - 3 ×E

r.仙 一 （*Z* lt + *Z* ls + *Z* 2 t + *Z* 2, + *Z* Ot 十 Zo，） 十 3 ×*Z N* 十 3 ×*Z* fouh

#### 3 ×170 000/ .ff

*I* -

得到的电压为：

fouh 一 （28.83 + 0 + 28.83 + 0 + 25.95 十 O) + 3 ×39 + o

*T* r...i. = 1 468 A

U川

#### U川川川I = 1 468 ×39 V

UAcn 川cal = 57 243 V

因此从表 E.2 中得到最小 的 AV 电压为 70 kV 。

假设中性点通过电抗接地 ，取 J( v = l.05，系统故障条件下中性点最高电压为 ：

U…

*U* ncut rnl max = 85.0 k Y

因为保护装置在 85 k V 的峰值电压下不应动作，因此它的最高连续 AC 电压水平不应小于 85 k V/

../2 = 60.l kV 。对此电压（持续 10 秒）合适的避雷器的保护水 平为 140 k V 、10 k A ，考虑一 个裕度，中性 点雷电冲击水平可取 170 k V 。

170 k V 的雷电冲击水平相应于 *Urn* 为 36 kV，设为中性点 电压水平 。

40

### GB/l' 1094.3-20 17

附 录 F

（资料性附录） 变压器局部放电测量应 用导则

F.1 概述

本附录特别适用于 11.3 中带局部放电测量感应电压试验 V PD） 巾的局部放电测量 。但 也可用于 任何其他局部放电测量 。

局部放电 C PD）是指引起导，体之间的场强高处的绝缘只发生局部桥 接的一种放电 。在一台变压器 中 这种局部放电能使每一个引出的绕组端子对地电压发生瞬时的变化 。

测量用阻抗通常是通过套管的电容抽头，或通过一个独立的糊合电容 器有效地连接在端子与接地 汕箱之间，如 F.2 所述 。

在局部放电处出现的实际放电电荷是不能直接进行测量 的，而代之以测定其视在电荷 q，其定义见

GB/ T 7354 。任一测量端子上的视在电荷 *q .*可用适 当的校准方法来 确定．见 F.2 o

一个特定的局部放电 ，能使变压器不同端子上的视在电荷值有 所不同 。将这些不同端子上同时 得 到的显示值进行 比较 ，可以得到有关变压器局部放电册、位置的信息 ，见 F.5 。

本部分 11.3 中规定的验收试验程序．是要求测量 绕组线路端子上的视在 电荷量 。

F.2 测量线路和校准线路 的接线一一校 准程序 测量技术和仪器 的描述见 GB/ T 7354 。

测量 的原理就是确定注入校正 电荷后在端子上引起的电压变化。用一只串联 柄合电容（ 通常为一

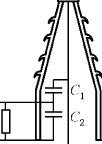
只电容性套管）和一只测量阻抗来测量 电压的变化。变压器试验时通常是将测量阻抗 直接连在套管试 验端子上 。

测量仪器用匹配的同轴 电缆接至测量阻扰，电缆阻抗和与之匹配的测 量仪器的输入 阻抗组 成了测 量阻抗的一部分 。一些系统中测量阻扰和记录仪器之间 采用光缆连接 。正常情况下．测量阻抗、电缆和 测量仪器一起供给 可使测量系统的整体性能得到优化 。

对绕组 的线路端子与接地油箱之间进行局部放电测量时 ，一般将测量阻抗 Zm有效地接到 电容套管 的电容抽头与接地法兰 之间 ，见图 F.l 。如果无 电容抽头，则也可以将套管法 兰 与油箱绝缘，并将该法 兰作为测量端子。中心导忏与测量端子之间以及测量端子与地之间的等效 电容，对局部放电信号起电 容分压器 的作用。因此需要在套管的顶部端子与地之间进行校 准 。校 准期间 ，考 虑到额外的电容和任 何滤波电路，应尽可能采用无 源试验电路连接 到端子。



ι。



Z卢｜



图 F.1 使用电容式套管试验抽头的局部放电测量校 准电路

41

##### GB/l' 1094.3一2017

如果需要在没有任何可以利用的电容式套管的电容柑l头（或绝缘的法 兰〉的情况下 ，对端子进行 PD 测量时，可以使用高 压剌合电容部 的方法 。这要求采用一个无局部放电的电容器，其电容与校准发生部 的电容 Co （见 GB/'f 7354 ）相 比应足够大 ，测量阻抗（带有保 护问隙〉连接在电容器 的低压端子与地 之 间，见回 F.2 .

整个测量 系统的校准是在两个校准端子 之间输入巳知的电荷来进行的。按照 GB/'f 7354 ，校 准装

置包括一台上升时间短的方披电压脉 冲发生器和一个小 的已知电容值为 Co 的串联电 容器 。Co 应小于 C1 （见 GB/ T 7354 关于上升时间和 Co 选择的特殊要 求 ） 。当这个发生 器接到变压器端 子和地之间时， 脉冲发生器输入 的电荷将是：

式中：

*qo* 一一校 准视在电荷；

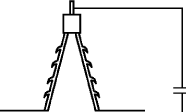
*Uo* 一一产生 们所需的方波电压值 ；

Co 一一串联电容值 。

*qo =Uo* ×Co

校准电荷 *Qo* 应当代表特定的放电电荷水平限值（通 常为 50 % 200 % ） 。用不同的校准值 Qo 进行 额外的测量对检查测量仪器的运行状态是有益的 。

如果校准装置发生器具 有 与工频同步的重复 频率，则可以方便地用与 工频同步的仪器 观察放电 脉冲。

 C＞马

## *z...*

图 F.2 采用高压辑合电容器的局部放电测量线路

为了避免偏差 ，接线端子 与校 准脉冲发生器的连接 寻｜ 线以及校准脉 冲发生器与地 （套管法兰附近） 之间的连接引线应尽可 能短 。校 准脉冲发生器最好 由电池供电 而且外形尺寸尽量小 ，以方使用于变压 器端子。

校 7位提供了变压器端 子测量视在放电量的方法 ，这是本附录的基础 ，由于放电部位和端子间的传输 路径没有包含在校准范围内，因此远离端子发生 的实际局部放电的数值无法给出 。

F.3 仪器 、频率范围

测量仪器 的特性应与 GB/1' 7354 的规定相符 。

试验时 的示 波器监视通常是有用的，特别是因为它有可能区别变 压器内部真实的局部放电与某些 形式的外部干扰。这种 区别是以重复率 、脉冲在电压披形上的位置 和极性不同等为基础的 。

局部放电水平观测或是在整个试验期间连续进行，或是每 隔一 定时间进行，不强制规定信号记录连 续进行 。

局音I 放电 的测量系统分为窄频带和宽频带系统 。窄tvJJl 带系统有大约 10 k Hz 或更小的带宽，且是 在某一调谐频率（例如 ：无线电噪 声计） 下工作 。宽 员带系统使用的颇 带上限 与下 限之 比较大．例如l

42

##### GB/l' 1094.3-20 17

50 k Hz 800 k Hz .

当采用窄频带系统时 ，对!Jj;) 带的中心频率进行适当地调节，就可 避免来自 于当地广播电台的干扰 ． 但应证明，在靠 近测量频率．时的绕组共振对 测量结果影响不大 。窄频带仪器应在不大于 500 k H z，最好 是在小于 300 k Hz 的频率下工作 。这有两 个原因：第一，放电脉 冲的传输使较高 频率分量产生 大的衰 减。第二，当将校准脉 冲波施加于线路端子时 ，该脉冲波容易在此端子或靠 近此端子处引起局部振荡 ， 当采用的频带中心频率大于 500 k Hz 时 ，将使校准变得复杂 。

就不同的脉冲波形的衰减和响应而言，宽频带系统受到的限制较少，但在没有静 电屏蔽的试验场所 处，它更容易受到干扰 。可用带阻滤波器或其他类型的滤波器来减 少来自诸如无线电波等外部的影 响。

测量频带宽度的选择不 会影响局部放电脉 冲的特征 和局部放电的统计特性．后者 常用于区分放 电源。

总之 ，由于能够检测出局部放电 的机会更多 ，宽频带测量 系统是用于局部放电检测的 首选，其检 测 频率不应小于 100 k Hz。窄’频带测量系统在某些条 件下用于消除干扰 。宜更多地关注测量中 心频率的 选择 ，以确保对变压器局音I 放电合理 的灵敏度 。

F.4 试验不合格后的处理程序

11.3.5 仨1=1 已经给出了局部放电水平能够接受的判 据。如 果试验电压并不发生突降 ，只是由 于局部 放电读数太高．则试验虽然不合格但仍 属非破坏性的 。不应以这个结果而马上拒绝该试品．而应对其作 进一步的研究 ，对局部放电源进行区分和定 位 。

还有一个重要的考虑．即在试验电 压下所触发的局部放电 ，在低于运行 电压时，是否会持续下去 。 因为这样的局部放电很可能对投运的变压器是有 害的。

首先应对试验环境进行研究 ，以便找到 与局部放电无关的任何外界干扰信号 。此时，应 由制造方与 用户进行协商，确定再进行补充试验或采取其他措施 ，以判明变压器确实出现了严 重的局部放电，或者 ， 变压器并不存在严重的局部放电 ，它仍能满足运行的要求 。

下面的一些建议．对采用上述措施时可能有用 ．

一一研究测量指示值是否真正与试验顺序有关 ，还是 碰巧测到外来的与 局部放电无关的指示 值。 试验时采用示被棉监视，往往是很易确定上述区别的，例如 ：外部干扰 就不与试验电压 （波形） 同步 ；

一一研究局部放电是否由供电电源传输而来，试验时在电漉 与变压器之间接入 低通滤波器 对此可 以有 所帮助 ；

一一研究确定局部放电源是在变压器内部还是在变压器外部（例如 ：从大厅内具有悬浮 电位的物体 发出 ，从空气 中带电部分发出或从变压器接地部位的尖角发出〉 。当试验系涉及内部绝缘时 ， 可以允许并推荐采用临时的外部屏蔽罩 ；

一一按照变压器的线路阁研 究局部放电源 的可能位置 。可以使用单相外施电压试验。现已有几种 公认的定位方法 。其中一种是根据不同的成对端子上 的各个读数和校准值 的相互关系来定位

（用以补充各线路端子与地之间的应读取的读数〉 。如果使用宽频带系统记录 ，则也有可 能用 相应的校 准波形与试验中 的单个脉 冲波形进行鉴别。电容式套管介质中的局部放电鉴别是另 一种特殊情况 ；

一一用声波或超声波的检测方法，探测油箱内的放电源位置 ； 一一用油箱 内的超高频电磁传感器探视I］ 放电源的物理位 置 ；

一一根据局部放电水 平 随试验电压高低的变化 、滞后效应 、试验电压波形上 的脉冲波分布 、局部放 电随时间的变化等来确定局部放电源的可能的物理位 置 ；

一一绝缘系统中的局部放电，可能由于绝缘的干燥或漫液不充分而 引起．一般可 从局部放电特征中

43

GB/l' 1094.3一2017

##### 明显地表 现出来 。因此，变压器可在重新处理或静置一个时期后重复出验 i

一一只要遭受相 当高的局部放电 ，即使时间短，则也可 能使油局部分解 ，并使熄灭电压和起始电 压 暂时降低，但经过几小时后，仍可自然地恢复到原有 状态 i

一一若试验电压增加 ，局部放电水平增加不多 ，电场中悬浮粒子局部放电恃征增加不多并且又 不是 随时间而增加的，则认为该变压器仍可投入运行 。在此情况下 ，经过协商可以 重复试验 ，或者 延长试验时间 ，或者增加试验电压水平，经过一段时间 降低局部放电水平 。

除非在相 当长的持续时间内，出现了远大于验1＆限值的局部放电水 平．否则当将 变压器吊芯后．难 于用肉眼发现局部放电的痕迹 。如果其他改善局部放电性能或确定 局部放电位置 的措施均无效时，则 本程序可作为最后的手段 。

44

##### GB/l' 1094.3-20 17

参 考 文 献

##### [1] GB/ T 311.2 绝缘配合 第 2 部分 ：使用导则

[2 ] GB/'f 1094.<b 电力变压器 第 4 部分 ：电力变 压器 和l 电抗器 的雷电 冲击和操作 冲击试验

导则

[3] GB/T 102 30.1 分接开关 第 1部分 ：性能要求和试验方法

[4 ] GB/T 11022 高压开关设备和控 制设备栋准 的共用技术要求

[5] IEC 60076-5 Power t ransform巳rs-Pa r t 5 :Abi l i ty to withsta nd short ci rcui t

[6] IEC 60076-1:2011 Insulation co-ordination-Pa rt 1:Def initions , principles and rules

[7] IEEE C57. 12.00-2010 Standard General Requirements for Li吼叫一Immersed Distribu tion ,

Power ,and Regulating 'fransform ers

[8] IEEE C57. 142 .00-20 10 IEEE guide to describe the occurrence and mitigation of switching tra nsients induced by transformers , switching device and system interaction

[9J CIG RE-repo r t 12-14 (1984 ) Resonance behavio ur of high voltage transf ormers.Paper pres­

ented in the name of Study Com mit tee 12 by Working Group 12.07

45





华 人 民 共 和 国

国 家 标 准 电力变压器 第 3 部分 ：绝缘水平 、

绝缘试验和外绝缘空气闽瞰

GB／’r 1094\_ 3

2017

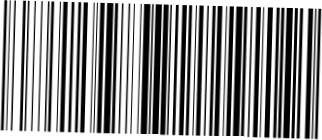
’‘

’I• 国标 *1(1'.* 出 版 衬．出 版 发 行

北京市朝阳区和平旦因街甲 2 号（ 100029)

」七京市西城区 .!t.lruf北f.lij 16 号（10004 5) 网址 ：w w w.spc.org.cn 服务热线 ：1100-168-0010

2017 作 12 月第一版



GB/ T 1094. 3-20 17

．．

书号 ：155066 • 1-58715

版权专有

hFON－－的．寸∞o－H＼筒 。

侵权必究