



中华人民共和国国家标准

GB/T 1094.15—2020

电力变压器 第 15 部分：充气式电力变压器

Power transformers—Part 15: Gas-filled power transformers

(IEC 60076-15:2015, MOD)

杭州高电
专业高试铸典范

Professional high voltage test

高压测量仪器智造 | 电力试验工程服务

2020-03-31 发布

2020-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 使用条件	3
5 额定值和一般要求	3
6 对有一个带分接绕组的变压器的要求	7
7 联结和联结组标号	7
8 铭牌	7
9 安全、环境和其他要求	9
10 偏差	10
11 试验	10
12 电磁兼容(EMC)	13
13 高频操作暂态	13
14 接地端	14
15 询价和订货时需要的信息	14
附录 A (资料性附录) 瞬时负载——数学模型	15
附录 B (资料性附录) 询价和订货时需提出的技术要求	17
附录 C (资料性附录) 充气式电力变压器的仪表、指示器和继电器	20
参考文献	21
图 A.1 温度分布模型	15
表 1 分类和绝缘系统温度	5
表 2 绕组温升限值	5
表 3 温升试验结果修正指数	13
表 C.1 充气式电力变压器和油浸式电力变压器的仪表、指示器和继电器的比较	20

前 言

GB/T 1094《电力变压器》分为以下部分：

- 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 10.1 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变压器的设计 and 应用；
- 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。

本部分为 GB/T 1094 的第 15 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 60076-15:2015《电力变压器 第 15 部分：充气式电力变压器》。

本部分与 IEC 60076-15:2015 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 1094.1—2013 代替了 IEC 60076-1:2011；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 1094.2—2013 代替了 IEC 60076-2:2011；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 1094.3—2017 代替了 IEC 60076-3；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 1094.5 代替了 IEC 60076-5；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 1094.10 代替了 IEC 60076-10；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 4109 代替了 IEC 60137；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 8905 代替了 IEC 60480；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 11022 代替了 IEC 62271-1；
 - 增加引用了 GB/T 12022 和 GB/T 13499—2002；
 - 删除了对 IEC 60376 的引用；
- 为适应我国国情，在 5.10 中增加了“如采用电容式套管，则应采用干式套管，有载分接开关应采用充气式开关”；
- 为适应我国国情，在 8.2 中增加了“产品型号”的铭牌标志内容；并将 IEC 60076-15:2015 中“用于确定变压器承受短路能力（如果不是无限大）的最大系统短路视在容量或电流”的铭牌标志

内容由 8.2 调整到 8.3 中；

- 为适应我国国情，在 11.1.1 中，将试验时的环境温度由“10 ℃～+40 ℃”改为“5 ℃～+40 ℃”；
- 为适应我国国情，在 11.1.2.2 中，增加了“绝缘气体试验”；
- 为适应我国国情，将 11.1.2.3 和 11.1.4 中的“绕组对地及绕组间直流绝缘电阻测量”调整到 11.1.2.2 中。

本部分还做了下列编辑性修改：

- 将 IEC 60076-15:2015 第 1 章的最后一段内容调整为本部分“注 1”的内容，将 IEC 60076-15:2015 的“注”调整为“注 2”；
- 将 IEC 60076-15:2015 3.3 中注的内容调整到本部分的 3.1 中；
- 删除了 IEC 60076-15:2015 中 3.5 的标题，将 3.5.1、3.5.2 和 3.5.3 调整为本部分的 3.5、3.6 和 3.7；
- 将 IEC 60076-15:2015 5.11.1 中注 2 的内容调整为正文的内容；
- 将 IEC 60076-15:2015 8.2 中 1) 项中引用的条号 5.5 调整为 6.5；
- 删除了 IEC 60076-15:2015 11.1.4 中倒数第二段的正文内容；
- 将 IEC 60076-15:2015 11.2 中注的内容调整为正文的内容；
- 删除了 IEC 60076-15:2015 表 C.1 的“充气式电力变压器推荐组件”中的“真空压力计”；
- 将 IEC 60076-15:2015 中的附录 A 和附录 B 调整为本部分的附录 B 和附录 A；
- 对参考文献进行了调整。

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 44)归口。

本部分起草单位：沈阳变压器研究院股份有限公司、常州东芝变压器有限公司、保定保菱变压器有限公司、中国电力科学研究院有限公司、江苏华鹏变压器有限公司、特变电工沈阳变压器集团有限公司、特变电工衡阳变压器有限公司、山东输变电设备有限公司、广东科源电气有限公司、广东中鹏电气有限公司、浙江江山变压器股份有限公司、广东奥莱恩电力科技股份有限公司。

本部分主要起草人：张显忠、刘杰、顾华、边庆恺、任晓红、庄杰、徐思华、王立彬、谭翀、梁东、韩宝家、姜振军、王文光、王健。

电力变压器

第 15 部分：充气式电力变压器

1 范围

GB/T 1094 的本部分规定了充气式电力变压器的术语和定义,使用条件,额定值和一般要求,有一个带分接绕组的变压器的要求,联结和联结组标号,铭牌,安全、环境和其他要求,偏差,试验,电磁兼容(EMC),高频操作暂态,接地端,以及询价和订货时需要的信息。

本部分适用于三相及单相充气式电力变压器(包括自耦变压器),但不包括某些小型和特殊变压器,如:

- 额定容量小于 1 kVA 的单相变压器和 5 kVA 的三相变压器;
- 所有绕组额定电压均不高于 1 000 V 的变压器;
- 互感器;
- 电机车牵引变压器;
- 启动变压器;
- 试验变压器;
- 电焊变压器。

当某些类型的变压器(尤其是所有绕组电压均不高于 1 000 V 的工业用特种变压器)没有相应的标准时,本部分可以整体或部分适用。本部分不涉及变压器安装在公共场所的要求。对于具有相关标准的变压器和电抗器,本部分只适用于被其产品标准明确提及可相互参考的内容范围。这些产品(标准)包括:

- 电抗器(GB/T 1094.6);
- 自保护变压器(IEC 60076-13);
- 风力发电用变压器(GB/T 1094.16);
- 牵引变压器和牵引电抗器(GB/T 25120);
- 工业用变流变压器(GB/T 18494.1);
- HVDC 用换流变压器(GB/T 18494.2)。

注 1: 本部分中有几处规定或建议涉及的是某些替换方案、附加技术方案或程序需要达成的协议。这类协议宜由制造方与用户达成。问题宜在早期提出,协议宜包含在技术规范中。

注 2: 本部分也适用于同时使用绝缘气体和绝缘液体的变压器的气体部分。

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,仅注日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/T 1094.1—2013 电力变压器 第 1 部分:总则(IEC 60076-1:2011,MOD)
- GB/T 1094.2—2013 电力变压器 第 2 部分:液浸式变压器的温升(IEC 60076-2:2011,MOD)
- GB/T 1094.3—2017 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(IEC 60076-3:2013,MOD)
- GB/T 1094.5 电力变压器 第 5 部分:承受短路的能力(GB/T 1094.5—2008,IEC 60076-5;

GB/T 1094.15—2020

2006, MOD)

GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分:声级测定(GB/T 1094.10—2003, IEC 60076-10:2001, MOD)

GB/T 4109 交流电压高于1 000 V的绝缘套管(GB/T 4109—2008, IEC 60137:2008, MOD)

GB/T 8905 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则(GB/T 8905—2012, IEC 60480:2004, MOD)

GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求(GB/T 11022—2011, IEC 62271-1:2007, MOD)

GB/T 12022 工业六氟化硫

GB/T 13499—2002 电力变压器应用导则(IEC 60076-8:1997, IDT)

IEC 62271-4:2002 高压开关设备和控制设备 第4部分:六氟化硫(SF₆)及其混合物的处理规程
[High-voltage switchgear and controlgear—Part 4: Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF₆) and its mixtures]

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

注:其他术语见GB/T 1094.1、GB/T 1094.2、GB/T 1094.3、GB/T 1094.5、GB/T 1094.10或GB/T 2900.95。

3.1

充气式变压器 gas-filled power transformer

磁路和绕组放置在充满绝缘气体的封闭箱体(简称:气箱)内的变压器。

注1:充气式变压器也称为气体绝缘变压器,一般使用六氟化硫(SF₆)。

注2:磁路和绕组放置在充满绝缘液体(如:全氟化碳、天然酯、合成酯、硅油等)的封闭箱体(简称:油箱)内的变压器应被视为液浸式变压器。

3.2

额定气压 rated gas pressure

20℃时,充气式电力变压器设计使用的气压(表压)。

3.3

最低保证气压 guaranteed minimum gas pressure

20℃,能保证充气式电力变压器绝缘的最低气压(表压)。

3.4

气箱的设计压力 design pressure of tanks

用于确定气箱设计的相对压力。

注:至少等于规定极限使用条件下气体达到最高温度时气箱的最大压力。

3.5

绝对泄漏率 absolute leakage rate

F

额定充气压力(或密度)下单位时间内泄漏的气体量。

注:单位为帕立方米每秒(Pa·m³/s)。

3.6

允许泄漏率 permissible leakage rate

F_p

制造商规定的额定充气压力(或密度)下最大允许的气体绝对泄漏率。

注：单位为帕立方米每秒($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)。

3.7

相对泄漏率 **relative leakage rate**

F_{rel}

额定充气压力(或密度)下绝对泄漏量与变压器内初始气体总量之比。

注：单位为百分之每年或百分之每日($\%/ \text{年}$ 或 $\%/ \text{d}$)。

4 使用条件

使用条件按照 GB/T 1094.1 的规定。冷却条件按照 GB/T 1094.2 的规定。

5 额定值和一般要求

5.1 额定容量

5.1.1 概述

每个绕组的额定容量应由用户规定,或在询价阶段由用户提供充足的信息给制造方,以便确定额定容量。

变压器每一绕组应规定其额定容量,并标志在铭牌上。额定容量指的是连续负载下的值。既是负载损耗和温升保证值和试验的依据,也是制造方的保证值。

如果对不同的条件(如:对不同的冷却方式)规定了不同的视在功率,则取其最高值为额定容量。

双绕组变压器只有一个额定容量,两个绕组的额定容量值相同。

对于多绕组变压器,用户应规定需要的容量-负载组合,如有必要,则应单独说明有功功率和无功功率。

将额定电压施加到变压器的一次绕组上,且只在一个二次绕组的端子上流过额定电流时,此变压器承受了与该对绕组相应的额定容量。

变压器在正常条件(见 GB/T 1094.1—2013 中第 4 章)下,应能连续地输送额定容量(对于多绕组变压器,则是指定绕组额定容量的组合),且其温升不超过 5.3 规定的温升限值。

注 1: 按本条所阐述的额定容量,是指输入到变压器的视在功率值(包括变压器本身所吸取的有功功率和无功功率)。在额定负载下,变压器输出给与二次绕组端子相连的电路的视在功率与额定容量不等。因为变压器内部的电压降(或升),二次端子之间的电压与额定电压不等。电压降的许可值(与负载功率因数有关)在额定电压和分接范围的技术规范中给出(见 GB/T 13499—2002 中第 7 章)。

注 2: 对于多绕组变压器,根据所有绕组(独立绕组,非自耦联结)额定容量值算术和的一半值,可以估算出多绕组变压器的物理尺寸(与双绕组变压器相比)。

5.1.2 额定容量优先数

额定容量优先数按照 GB/T 1094.1 的规定。

5.1.3 可变冷却方式下的最小容量

如果用户对特定冷却方式而非额定容量的冷却方式的最小容量有特殊要求,则应在投标阶段由制造方与用户协商确定。

变压器应能够在 GB/T 1094.1—2013 中第 4 章规定的条件及在指定的冷却方式下,连续输出规定的最小容量(对于多绕组变压器,为规定的绕组额定容量组合)而不超过 5.3 规定的温升限值。

注: 如果变压器被要求能在比额定容量小的某规定容量下自冷运行,此时强迫冷却装置不工作,没有辅助设备损

耗,则此要求的容量越大则变压器成本越高。此要求的容量需通过考虑成本来决定。

5.1.4 超额定容量负载

临时超额定容量负载由制造方与用户在询价或订货时协商。

注 1: 考虑充气式电力变压器超额定容量负载时,可采用 GB/T 1094.7 中的概念,但常数和(或)系数不适用。

对任何超额定容量负载,在较高的外部冷却介质温度或降低的温升限值下运行的特殊要求均应由用户在询价及订货时规定。并规定出任何附加的试验和计算方法,以验证产品符合这些特殊要求。

注 2: 此情况适用于给电力变压器临时紧急负载时的设计值和保证值提供基础。

套管、分接开关、电流互感器及其他辅助设备的选用不应限制变压器的负载能力。

注 3: 此类组部件的负载能力宜参考相关标准,如:对于套管为 GB/T 4109,对于分接开关为 GB/T 10230.1。

注 4: 此要求不适用于特殊用途的变压器,某些特殊用途的变压器不需要超过额定容量的负载能力。对于这类变压器,宜规定特殊要求。

5.2 冷却方式

5.2.1 概述

用户应规定冷却介质(空气或水)。如果用户对冷却方法或冷却设备有特殊要求,则应在询价和合同中注明。

5.2.2 标志符号

变压器应按照其冷却方式进行标志。对于充气式电力变压器,其冷却方式采用下面四个字母进行标志。

第一个字母(代表内部冷却介质):

——G:绝缘气体。

第二个字母(代表内部冷却介质的循环方式):

——N:在冷却设备和绕组中自然循环;

——F:在冷却设备(如气泵)中强迫循环,在绕组中自然循环;

——D:在冷却设备中强迫循环,且至少在主要绕组内部强迫导向循环。

第三个字母(代表外部冷却介质):

——A:空气;

——W:水。

第四个字母(代表外部冷却介质的循环方式):

——N:自然对流;

——F:强迫循环(风扇、鼓风机、水泵)。

5.2.3 具有多种冷却方式的变压器

一台变压器可规定有几种不同的冷却方式。此时,在说明书和铭牌上应给出不同冷却方式下的容量值,以便在采用某一冷却方式及所规定的容量下运行时,变压器温升不超过限值。

在最大冷却能力下的容量值就是变压器(或多绕组变压器某个绕组,见 GB/T 1094.1)的额定容量,不同的冷却方式按照冷却能力增大的次序排列。

例如:

GNAN/GDAF:变压器的冷却设备有气泵和风扇,但在自然冷却方式下,所带容量较低。

注:与油浸式变压器相比,充气式变压器自然冷却能力与强迫冷却能力的比值较小。一般来说,油浸式变压器的 ONAN 能力达到 OFAF 或 ODAF 能力的 50% 不难。但对充气式变压器而言,有时要使 GNAN 能力达到

GDAF 能力的 50% 很难, 并且成本较高。用户可向制造方咨询自然冷却能力与强迫冷却能力的百分比比值。

5.3 温升限值

5.3.1 分类和绝缘系统温度

变压器可按照绝缘系统进行分类, 具体见表 1。

实际运用中热点温度的近似值可使用附录 A 中的方法计算。

具有不同耐热等级的绝缘材料构成非常规的绝缘系统(非常规绝缘系统的举例见 GB/Z 1094.14)。

表 1 分类和绝缘系统温度

分类 ^a	耐热等级(绝缘系统温度) ℃
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
N	200
R	220
^a 温度分类见 GB/T 11021。	

5.3.2 正常温升限值

在按照 11.5 的规定进行试验时, 在正常使用条件下运行的变压器各绕组的温升设计值不应超过表 2 中规定的相应限值。

铁心、金属部件和邻近材料的温度不应造成变压器任何部件的损伤。

大多数情况下, 气体的温升限值高于绕组的温升限值, 因此, 气体的温升限值没有必要规定。如有必要规定, 则应由制造方与用户协商确定。

表 2 绕组温升限值

耐热等级(绝缘系统温度) ℃	绕组平均温升限值 ^a K
105	60
120	75
130	80
155	100
180	125
200	135
220	150
^a 温升值按照 11.5 的规定测量。	

5.3.3 为较高的冷却空气温度或特殊的空气冷却条件而设计的变压器的温升降低

为较高的冷却空气温度或特殊的空气冷却条件而设计的变压器的温升降低按照 GB/T 1094.2 的规定。

5.3.4 高海拔处的温升修正

当所设计的变压器是在海拔超过 1 000 m 处运行,而试验场所的海拔低于 1 000 m 时,如果制造单位与用户间无另外协议,则表 2 中所给出的温升限值应根据运行地点的海拔超过 1 000 m 的部分,以每 500 m 为一级,按照下列数值相应降低:

- 自冷式变压器:2%;
- 风冷式变压器:3%。

如果变压器的试验是在海拔高于 1 000 m 处进行,而安装现场的海拔却低于 1 000 m 时,则温升限值要作相应的逆修正。

经海拔修正后的温升限值,应修约到最接近的整数值(单位为 K)。

对水冷变压器而言,不同环境温度或海拔对空气冷却的影响忽略不计。

5.3.5 为较高的冷却水温度而设计的变压器的温升降低

为较高的冷却水温度而设计的变压器的温升降低按照 GB/T 1094.2 的规定。

5.3.6 规定负荷循环期间的温升

规定负荷循环期间的温升限值及(或)其试验方法由制造方与用户协商确定(见 GB/T 1094.7)。

5.4 绝缘水平

绝缘水平按照 GB/T 1094.3 的规定。

5.5 发电机变压器的甩负载

发电机变压器的甩负载按照 GB/T 1094.1 的规定。

5.6 额定电压和额定频率

额定电压和额定频率按照 GB/T 1094.1 的规定。

5.7 非正常使用条件的规定

用户应按照 GB/T 1094.1 的规定明确不在正常使用条件范围内的任何使用条件。

5.8 设备的最高电压 U_m 和绝缘试验水平

设备的最高电压 U_m 和绝缘试验水平按照 GB/T 1094.3 的规定。

5.9 询价时需提出的附加信息

询价时需提出的附加信息按照 GB/T 1094.1 的规定。

5.10 组部件和材料

除用户同意或另行规定外,用于变压器结构中的所有组部件和材料,均应符合已有的相关标准要求。特别是套管应符合 GB/T 4109、分接开关应符合 GB/T 10230.1 的规定。全新和重复利用的 SF₆。

绝缘气体应符合 GB/T 12022 和 GB/T 8905 的规定,对于其他气体,应由供需双方协商。

如采用电容式套管,则应采用干式套管,有载分接开关应采用充气式开关。

5.11 气体和气密性的要求

5.11.1 气体要求

制造方应规定充气式电力变压器中所使用气体的类型、质量和密度。

在 20 ℃ 下测量时,额定气压下充满气体的充气式电力变压器内的最大允许水分的露点不应高于 -20 ℃。如在其他温度下测量,则应对测量值做适当修正。

充气前 SF₆ 的纯度水平应不低于 97%。

注 1: 除气箱以外的气室,可接受 20 ℃ 下测量的露点不高于 -5 ℃。

注 2: 对于露点的测定,可参见 GB/T 12022 和 GB/T 8905。

5.11.2 气密性

GB/T 11022 对高压开关设备的气密性做了总体规定。该规定也适用于充气式电力变压器。

气密性特征应符合最少维护和检验的原则。气密性通过相对泄漏率 F_{rel} 来体现。

对于充 SF₆ 的变压器来说, SF₆ 的相对泄漏率不应超过 0.5%/年。对于充混合气体(由 SF₆ 和其他气体组成)的变压器来说,混合气体的相对泄漏率不应超过 0.5%/年。

6 对有一个带分接绕组的变压器的要求

对有一个带分接绕组的变压器的要求按照 GB/T 1094.1 的规定。

7 联结和联结组标号

联结和联结组标号按照 GB/T 1094.1 的规定。

8 铭牌

8.1 概述

变压器应设有铭牌,铭牌材料应不受气候影响,并且固定在明显可见位置。铭牌上的标志应是去不掉的,其项目如下。

8.2 应标志的项目

在任何情况下,铭牌上都应包含下列项目:

- 充气式电力变压器的种类(如:充气式电力变压器、充气式自耦变压器、充气式串联变压器等)。
- 本部分标准编号。
- 制造单位名称、变压器装配所在地(国家、城镇)。
- 出厂序号。
- 制造年月。
- 产品型号。
- 相数。
- 额定容量(kVA 或 MVA。对于多绕组变压器,应给出每个绕组的额定容量。如果一个绕组的

额定容量并不是其他绕组额定容量的总和时,则应给出负载组合)。

- i) 额定频率(Hz)。
- j) 各绕组额定电压(V 或 kV)及分接范围。
- k) 各绕组额定电流(A 或 kA)。
- l) 联结组标号。
- m) 以百分数表示的短路阻抗实测值。对于多绕组变压器,应给出不同的双绕组组合下的短路阻抗以及各自的参考容量;对于带分接绕组的变压器,见 GB/T 1094.1—2013 的 6.5 及 8.3 的 b)项。
- n) 冷却方式(若变压器有多种组合的冷却方式时,则各自的容量值可用额定容量的百分数表示。如:GNAN/GDAF 30%/100%)。
- o) 总质量。
- p) 绝缘气体的质量和类型,以及参考的相关标准。
- q) 每个绕组的绝缘系统温度(对于多绕组变压器,应标注每个绕组的绝缘系统温度)。
- r) 额定气压(MPa—表压)。
- s) 最低保证气压(MPa—表压)。

如果在设计中,已特别指明绕组有几种不同的联结,因而变压器有不只一组额定值时,则其补充的额定值应在铭牌上给出,或每一组额定值分别用各自的铭牌单独给出。

8.3 附加项目

对特定变压器,如果下列信息适用,则应标志在铭牌上:

- a) 对于具有一个或多个绕组的变压器,绕组的设备最高电压 U_m 不低于 3.6 kV,绝缘水平(耐压)的简要标识按照 GB/T 1094.3 的规定。
- b) 分接标志:
 - 对于最高额定电压不大于 72.5 kV,且额定容量不大于 20 MVA(三相)或 6.7 MVA(单相)、分接范围不超过 $\pm 5\%$ 的变压器,所有分接位置上的分接电压值;
 - 其他变压器:
 - 以表格列出所有分接电压以及最大许用分接运行电压、分接电流、分接容量和所有分接的内部连接;
 - 以表格列出主分接以及至少是极限分接上的短路阻抗值,用参考容量下的百分数表示。
- c) 顶部气体和绕组保证的最高温升(如果不是标准值时):

对于安装在高海拔地区的变压器,海拔以及在该海拔下的额定容量和温升应与以下参数中的一个同时标志在铭牌上:

 - 如果变压器按用于高海拔地区设计,则应给出与正常外部冷却介质温度条件相比时的额定容量下的降低的温升值;
 - 如果变压器按用于正常外部冷却介质温度条件设计,则应给出在正常外部冷却介质温度条件时的保证温升限值下的额定容量。
- d) 联结图(当联结组标号不能完全表示内部连接时),若连接可在变压器内部改变时,则应在同一铭牌上,或另一单独的铭牌上表示,并应明确变压器出厂时的联结状况。如果变压器采用了非线性电阻器或熔断器,则其使用位置应标志在联结图上。如果使用了装入式电流互感器,则应标志在联结图上。
- e) 运输质量(如与总质量不同时)。
- f) 器身质量(仅针对总质量超过 5 t 的变压器)。

- g) 气箱、分接开关和冷却设备的真空耐受能力。
- h) 对于多绕组变压器,对任何容量—负载组合的限制。
- i) 对于安装了绕组温控器(WTI)的变压器,每个绕组温控器都有自己的设定值,设定值由实际温升试验得到的绕组热点温升结果来修正。如果规定一种以上的冷却方式,每种冷却方式可能需要不同的设定值。
- j) 对于变压器内部的电流互感器,其位置、电流比、准确级及额定输出值(VA)。
- k) 冷却介质的最低温度,户内变压器不是一5℃或户外变压器不是一25℃时。
- l) 用于确定变压器承受短路能力(如果不是无限大)的最大系统短路视在容量或电流。

根据附件(套管、分接开关、电流互感器、特殊冷却装置)标准,应装设附件性能铭牌。附件铭牌可安装在附件上,也可安装在变压器上。

9 安全、环境和其他要求

9.1 安全及环境要求

9.1.1 气体泄漏

变压器制造方应考虑变压器所使用的气体量,并采取有效措施防止泄漏。应考虑下列项目的长期性能:

- 接头的设计;
- 密封件材料;
- 焊接;
- 防腐蚀。

变压器应设计为无泄漏,试运行结束后在现场发现的任何泄漏应由制造方负责修补。

9.1.2 安全考虑因素

制造方在设计变压器时,应考虑操作者和维修人员的安全。以下方面尤其重要:

- 高温零部件的可接近性;
- 带电部件的可接近性;
- 可移动部件的可接近性;
- 起吊和搬运的措施;
- 现场气体处理期间的安全性;
- 需维修处的维修通道;
- 高处作业。

如果安装会对上述方面有影响,则应提供适当的安装说明。

注1:当变压器安装有梯子、工作台及类似的设施时,可参考 ISO 14122 系列文件。

注2:现场处理 SF₆ 时的安全性可参见 IEC 62271-4:2002 中附录 B。需要特别注意的是,只有持上岗证的人才能处理 SF₆。

9.2 中性点连接的尺寸

中性点连接的尺寸按照 GB/T 1094.1 的规定。

9.3 SF₆ 的处理程序

SF₆ 应在闭合循环中处理,在所有处理过程中,优先采用气体回收和重复利用,避免释放到环境中。

对使用 SF₆ 的电气设备的开发、制造、安装、运行、维护和报废处置而言,应使用最先进的技术和程序将 SF₆ 的排放降低到最小程度。对 SF₆ 的处理程序按照 IEC 62271-4 的规定。

9.4 中性线路中的直流电流

中性线路中的直流电流按照 GB/T 1094.1 的规定。

9.5 重心标志

重心标志按照 GB/T 1094.1 的规定。

10 偏差

偏差按照 GB/T 1094.1 的规定。

11 试验

11.1 一般要求

11.1.1 概述

变压器应按照如下规定进行试验。

除温升试验外,试验应在 5℃~40℃ 的环境温度下进行。温升试验的规定见 11.5。

除非制造方与用户另有协议,试验应在制造方工厂进行。

试验时,有可能影响变压器性能的外部组件和装置,均应安装在规定的位置上。

如果变压器的安装条件与试验运行条件不一致(如,在工厂试验期间,变压器安装了试验用升高座和套管,或者冷却设备的布置与现场安装不同),则制造方与用户之间应在试验开始前制定相关协议。如果对试验有任何限制因素,则制造方应在投标阶段说明。

试验应在主分接上进行,试验条款另有规定或供需双方另有协议时除外。

除绝缘试验外,所有性能试验,均应以额定条件为基准(试验条款另有规定时除外)。

试验测量系统应进行检定、定期校准,其准确度具有可追溯性。

对测量系统的精度及校准的特殊要求参见 GB/T 16927(所有部分)及 GB/T 13499。

测量及试验时的工频电源频率与变压器额定频率的偏差应在 1% 内。试验电源电压波形中的谐波含量不应超过 5%。如果不能满足要求,则波形对参数的影响应由制造方进行评估,并应经用户同意。除 GB/T 1094.1—2013 中 11.5 的规定外,不应因考虑电压波形中的谐波含量高而将测量损耗向下校正。当采用三相电源时,电源电压应对称。试验时,施加到每个相绕组上的最高电压与最低电压之差不应超过 3%。

制造方在额定频率下试验或测量能力方面的任何不足,均应在投标书中说明,并协商适当的转换系数。

下列试验并没有顺序要求。如果用户要求试验按照特定的顺序进行,则应在订货时说明。

11.1.2 例行试验

11.1.2.1 概述

11.1.2.2 中列出的试验适用于所有变压器,11.1.2.3 中列出的附加试验适用于 $U_m > 72.5$ kV 的变压器。

11.1.2.2 所有变压器的例行试验

例行试验项目包括：

- a) 绕组电阻测量(见 GB/T 1094.1)；
- b) 电压比测量和联结组标号检定(见 GB/T 1094.1)；
- c) 短路阻抗和负载损耗测量(见 11.2)；
- d) 空载损耗和空载电流测量(见 GB/T 1094.1)；
- e) 绕组对地及绕组间直流绝缘电阻测量(见 GB/T 1094.1)；
- f) 绝缘例行试验(见 GB/T 1094.3)；
- g) 有载分接开关试验(如果适用,见 GB/T 1094.1)；
- h) 压力泄漏试验(密封试验,见 11.3)；
- i) 气箱压力试验(见 11.4)；
- j) 内装电流互感器变比和极性试验(见 GB/T 1094.1)；
- k) 铁心和夹件绝缘检查(见 GB/T 1094.1)；
- l) 绝缘气体试验(见 GB/T 12022 和 GB/T 8905)。

11.1.2.3 设备最高电压 $U_m > 72.5$ kV 的变压器的附加例行试验

附加的例行试验项目包括：

- a) 绕组对地和绕组间电容测量(见 GB/T 1094.1)；
- b) 绝缘系统电容的介质损耗因数($\tan\delta$)测量(见 GB/T 1094.1)；
- c) 变压器绝缘气体中溶解气体分析(转换开关室、电缆终端室和气体绝缘开关设备(GIS)结构室除外)；
- d) 在 90% 和 110% 额定电压下的空载损耗和空载电流测量(见 GB/T 1094.1)。

11.1.3 型式试验

型式试验项目包括：

- a) 温升试验(见 11.5)；
- b) 绝缘型式试验(见 GB/T 1094.3)；
- c) 对每种冷却方式的声级测定(如果每种冷却方式都规定了保证的声级,见 11.6 和 GB/T 1094.10)；
- d) 风扇和气泵电机功率测量；
- e) 在 90% 和 110% 额定电压下的空载损耗和空载电流测量(见 GB/T 1094.1)。

11.1.4 特殊试验

特殊试验项目包括：

- a) 绝缘特殊试验(见 GB/T 1094.3)；
- b) 绕组对地和绕组间电容测量(见 GB/T 1094.1)；
- c) 绝缘系统电容的介质损耗因数($\tan\delta$)测量(见 GB/T 1094.1)；
- d) 暂态电压传输特性测定(见 GB/T 1094.3—2017 中附录 C)；
- e) 三相变压器零序阻抗测量(见 GB/T 1094.1)；
- f) 短路耐受能力试验(见 GB/T 1094.5)；
- g) 频率响应测量(频率响应分析 FRA, 试验程序由供需双方协商)(见 GB/T 1094.1)；
- h) 外部涂层检查(见 GB/T 4956 和 ISO 2409, 或按照规定)；
- i) 变压器绝缘气体中溶解气体分析[转换开关室、电缆终端室和气体绝缘开关设备(GIS)结构室

除外];

- j) 气箱运输适应性机械试验或评估(按照用户的规定,见 GB/T 1094.1);
- k) 运输质量的测定(容量不大于 1.6 MVA 的变压器采用整体测量;大型变压器采用测量或计算,具体由制造方与用户协商,见 GB/T 1094.1)。

注:虽然 GB/T 1094.1—2013 中 11.1.4 的 b)项规定了“绕组热点温升测量”,但在本部分中,由于考虑到气体泄漏,因此不宜直接测量(如:光纤传感器)。绕组热点温升将根据 GB/T 1094.2—2013 中 7.10.2 通过计算确定。

对于本部分没有规定的试验方法,或合同中有规定但上述列项中没有的试验项目,试验方法按照协议的规定。

11.2 短路阻抗和负载损耗测量

试验按照 GB/T 1094.1 中的规定。

短路阻抗和负载损耗的参考温度如下:

- 绝缘系统温度为 105 °C 时:75 °C;
- 绝缘系统温度非 105 °C 时:表 2 中的绕组平均温升限值加 20 °C。

绝缘系统温度为 200 °C 及以上时,其参考温度由制造方与用户协商确定。

如果变压器各个绕组的绝缘系统温度不同,则参考温度应以具有较高绝缘系统温度的绕组为准。

11.3 压力泄漏试验(密封试验)

GB/T 11022 规定了高压开关设备气密性的通用测试方法。

该方法适用于充气式电力变压器。

本试验的目的是验证绝对泄漏率 F 不超过允许泄漏率 F_p 的规定数值。

如有可能,试验应在正常环境温度下,在额定气压下充满气体的完整系统上进行。如果不能实现,则可对零件、组部件进行试验。此时,整体系统的泄漏率应根据组件泄漏率的总和确定。受到不同压力的部件间可能发生的泄漏也应考虑在内。

一般来说,将泄漏测量值累计才能实现泄漏率的计算。由于这些系统的泄漏率较小,所以压降测量法不适用。可使用其他方法测量泄漏率,如卤素检漏仪。如果试验对象所充气体与工作中使用的气体不同,或试验压力与正常工作压力不同,则在计算中应使用制造方与用户商定的修正系数。

试验报告应包含如下信息:

- 试验对象的描述,如:内部容积和所充气体的性质;
- 试验开始和结束时记录的压力和温度;
- 用于检测泄漏率的仪表是否校准;
- 测量结果;
- 用以评估试验结果的试验气体和修正系数(如适用)。

11.4 气箱压力试验

所有气箱均应进行压力试验。标准试验压力应为气箱设计压力的 k 倍,其中,因数 k 为:

- 焊接钢质和铝质气箱:1.3;
- 铸钢和铸铝气箱:2.0。

注 1: 参见 GB/T 7674。

注 2: 因数 k 也适用于螺栓连接和焊接箱盖的气箱。

压力表测得的试验压力应至少维持 1 min。试验期间不应发生断裂或永久变形。

试验时应注意安全,带盖气箱宜采用水压试验。

注 3：如当地有压力容器相关条例，则因数 k 的数值需参见这些条例的规定。

11.5 温升试验

11.5.1 概述

温升试验按照 GB/T 1094.2 的规定，并将其中的“液体”替换为“气体”。

11.5.2 修正

试验电源断开时高于外部冷却介质的气体温升应乘以：

$$\left[\frac{\text{总损耗}}{\text{试验损耗}} \right]^x$$

试验电源断开时高于气体平均温度的绕组平均温升应乘以：

$$\left[\frac{\text{额定电流}}{\text{试验电流}} \right]^y$$

按照变压器的类型和冷却方式，表 3 中给出了上述公式中的指数。

使用表 3 中给出的指数进行的修正是保守的，仅适用于在上述有效修正范围内的稳定状态下的温升试验报告。

表 3 温升试验结果修正指数

指数类型	配电变压器	中型和大型电力变压器		
	GNAN	GN...	GF...	GD...
顶部气体指数 x	0.8	0.9	1.0	1.0
绕组平均指数 y	1.6	1.6	1.6	2.0

注：表中的配电变压器是指额定容量不大于 2 500 kVA 的变压器。

11.6 声级测定

11.6.1 概述

声级测定按照 GB/T 1094.10 的规定，但轮廓线的规定除外。

11.6.2 规定轮廓线

对于在强迫空冷和强迫气冷辅助设备（如果有，例如：风扇、气泵）不工作的情况下进行测量，规定轮廓线应距基准发射面 0.3 m。

对于在强迫空冷和强迫气冷辅助设备工作的情况下进行测量，规定轮廓线应距基准发射面 2 m。

12 电磁兼容(EMC)

电磁兼容(EMC)按照 GB/T 1094.1 的规定。

13 高频操作暂态

高频操作暂态按照 GB/T 1094.1 的规定。

14 接地端

变压器应配备一个接地端。

15 询价和订货时需要的信息

询价和订货时需要的信息参见附录 B。

附录 A (资料性附录) 瞬时负载——数学模型

A.1 概述

按 11.5 进行的稳态下温升试验的结果可用于估计不同负载下的稳态温升和瞬时温升(如变压器的热时间常数已知)。

对于小型和中型变压器,按照 A.2 所述的传统数学模型进行估计。

该模型对任何特定大型变压器的有效性尚不确定,如:额定容量较低的变压器。在分析负载能力时,涉及高于额定容量的急救负载,宜获得实际变压器的相关数据。一种方法是用超过额定容量的瞬时负载进行特别试验。对于试验程序以及相关测量和观察的建议见 GB/T 1094.2。

A.2 充气式电力变压器一个绕组内部温度分布的数学模型——热点概念

冷却气体进入绕组底部,温度为“底部气体温度”。气体通过绕组向上流动,假设气体温度随高度线性上升。绕组损耗沿绕组从绕组传输到气体。这种热传递需要绕组和周围气体之间存在温度差,假设沿绕组高度各温度差是相同的。在图 A.1 中,绕组温度和气体温度表现为两条平行线。

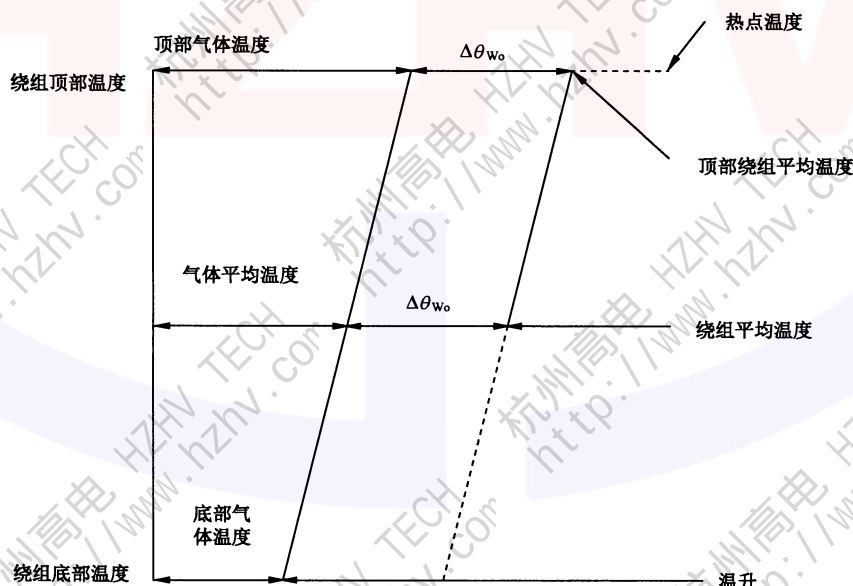


图 A.1 温度分布模型

绕组绝缘系统任何部分的最高温度称为“热点温度”。假设该参数代表该变压器负载的热极限。一般来说,变压器的其他部件,如套管、电流互感器或分接开关的选择不会限制变压器的负载能力,见 GB/T 1094.1—2013 中的 5.1.4。

靠近绕组上端处通常集中涡流损耗,此外,绕组可能有辅助绝缘,增加隔热性。因此,假设导体和气体间的实际局部温度差更高,应乘以“热点系数”。假设配电变压器的热点系数为 1.1,中型电力变压器的热点系数为 1.3。对于大型变压器,不同的设计会产生巨大的变化,除非进行实际测量,否则建议向制

造方咨询相关信息。

沿绕组轴向的绕组和气体间稳态平均温差可视为[用电阻法测得的绕组平均温度]与[气体平均温度]之间的差,换算参见 GB/T 1094.2—2013 的 7.4 和 7.6,将“液体”换为“气体”。

相对于外部冷却介质温度(空气或水)的稳态热点温升为[相对于冷却介质的顶部气体温升]与[热点系数]乘以[绕组对气体平均温度差]之积的和。

附 录 B (资料性附录)

询价和订货时需提出的技术要求

B.1 额定值和一般数据

B.1.1 正常项目

在所有情况下都宜给出的项目：

- a) 变压器应符合的技术规范。
- b) 变压器的类型,如:独立绕组变压器、自耦变压器或串联变压器。
- c) 单相或三相变压器。
- d) 系统中的相数。
- e) 频率。
- f) 所充气体类型, SF₆ 或其他。
- g) 户内式或户外式。
- h) 冷却方式。
- i) 每一绕组的额定容量,当分接范围超过 $\pm 5\%$ 时,还宜规定出最大电流分接(如适用)。如果规定了变压器有几种冷却方式时,则各自的降低容量值应与额定容量值(指在最佳的冷却方式下的)一起给出。
- j) 每个绕组的额定电压。
- k) 对带分接的变压器的有关说明(见 GB/T 1094.1—2013 的 6.4):
 - 要求无励磁分接开关还是有载分接开关;
 - 对多绕组变压器,两个特定绕组间对固定匝数比的要求;
 - 任何分接或分接范围是否为降低容量分接;
 - 分接级数和分接级的大小或分接范围,即:
 - 1) 哪个绕组带分接;
 - 2) 如果分接范围大于 $\pm 5\%$,其调压种类和最大电流分接位置(如适用);或
 - 3) 功率流向(可以双向);
 - 4) 从限定额定分接电压方面看,哪个电压应调整;
 - 5) 满负载最小功率因数。
- l) 每个绕组的线端和中性点端子的设备最高电压(关于绝缘方面,见 GB/T 1094.3)。
- m) 系统接地方式(对每一绕组)。
- n) 每个绕组的线端和中性点端子的绝缘水平和绝缘试验电压(见 GB/T 1094.3)。
- o) 每个绕组的联结组标号和中性点端子要求。
- p) 有关安装、装配、运输和交货等特殊要求的说明,以及对尺寸和质量的限制。
- q) 有关辅助电源电压细节(用于风扇和气泵、分接开关以及报警系统等)。
- r) 附件及仪表、铭牌等的安装位置。
- s) 对多绕组变压器,要求的容量—负载组合,如有必要,则分别说明各自的有功和无功输出(特别是在多绕组自耦变压器的情况下)。
- t) 温升保证值信息。

- u) 非正常运行条件(见 GB/T 1094.1—2013 的第 4 章及 GB/T 1094.1—2013 的 5.5)。
- v) 端子的种类和布置,如:空气套管或电缆箱或空气绝缘母线。
- w) 铁心和夹件的引线是否需要引出外部接地。
- x) 变压器油箱的真空耐受能力。
- y) 压力容器相关的当地条例。

B.1.2 特殊项目

如果用户提出特殊的要求,则宜给出下列附加的项目:

- a) 如果要求雷电冲击电压试验,是否包括截波(见 GB/T 1094.3)。
- b) 是否需要稳定绕组,如果需要,接地方式。
- c) 短路阻抗或阻抗范围(见 GB/T 1094.1—2013 中附录 F)。对多绕组变压器,宜给出规定的各对绕组的短路阻抗(如果给出百分数,还宜将相关的参考容量值一并给出)。
- d) 电压比和短路阻抗允许偏差,当按照 GB/T 1094.1—2013 中表 1 需双方协商时,或与 GB/T 1094.1—2013 的表 1 中给出值有偏差时,建议列出。
- e) 如果变压器有多种绕组的联结方式,如何进行变换,出厂时联结方式。
- f) 所接系统的短路特性(用系统的短路容量或短路电流或短路阻抗表示)及可能对变压器设计有影响的限制(见 GB/T 1094.5)。
- g) 对声级的详细要求,保证值及特殊要求(见 GB/T 1094.10)。
- h) 上面未涉及的,需要的其他特殊试验项目。
- i) 损耗评价资料或最大损耗。
- j) 任何几何尺寸限制,如:安装在已有基础上或在建筑物内。特定安装空间限制会影响变压器的绝缘间隙和端子位置。
- k) 运输尺寸及质量限制。如果加速度大于 GB/T 1094.1—2013 中 5.7.4.2 的规定,可耐受最小加速度值。
- l) GB/T 1094.1—2013 中 5.7.4 和 4.2 中没有描述的正常条件之外的运输及储存条件。
- m) 任何特殊的维修要求或对维修的限制。
- n) 对于电缆直连结构是否需要断线箱。
- o) 是否需要状态监测设施(参见附录 C)。
- p) 任何特定的有关变压器对环境影响的因素,设计时宜加以考虑(见 GB/T 1094.1—2013 中附录 D);特别是,SF₆ 宜在封闭环境中处理,避免释放到环境中。在所有处理过程中,优先采用气体回收和重复利用,见 9.3。
- q) 任何有关制造、安装、操作、维护和废弃处理方面的健康和安全的因素,设计时建议加以考虑(见 GB/T 1094.1—2013 中附录 I)。
- r) 非正常电气运行条件如下:
 - 1) 变压器是否直接或通过开关接到发电机上,是否会受到甩负载及任何特殊甩负载作用。
 - 2) 负载电流波形是否会严重失真。是否三相负载不平衡。如果有这两种情况,建议详细列出。
 - 3) 变压器是否直接或通过短的架空线接到气体绝缘金属封闭开关设备(GIS)上。
 - 4) 变压器是否频繁过电流,如:电炉变压器和牵引变压器。
 - 5) 除 GB/T 1094.1—2013 中 5.1.4 外的规律性循环负载的详情(以便设定变压器辅助设备的额定值)。
 - 6) 交流电压不平衡,或交流系统与正弦波形不同。
 - 7) 负载中包含非正常谐波电流,如:用电子装置或类似装置对电流进行控制。此类谐波电流

会导致过量的损耗和非正常发热。

- 8) 多绕组变压器和自耦变压器的特殊负载条件(输出 kVA、绕组负载功率因数和绕组电压)。
- 9) 励磁超过 110% 额定电压或 110% 额定电压/频率。
- 10) 正常操作或继电操作时的预期短路。
- 11) 与 GB/T 1094.5 不同的非正常短路情况。
- 12) 非正常电压条件,包括暂态过电压、共振、操作冲击等。可能要求绝缘设计做特殊考虑。
- 13) 非正常强磁场。宜注意太阳磁场扰动会导致变压器中性点上流过地电流。
- 14) 具有大电流母线的大型变压器,需要指出,大电流离相母线附带的强磁场会引起变压器油箱、箱盖及母线槽产生预期以外的电流。如果设计时没有采取措施,则这些预期外的电流会导致温升过高。
- 15) 并联运行。如果经常并联运行时,则用户宜告诉制造方并联运行的时间以及并联运行变压器的情况。
- 16) 频繁励磁,每年超过 24 次。
- 17) 频繁短路。
- s) 非正常物理环境条件:
 - 1) 海拔是否超过 1 000 m;
 - 2) 特殊外部冷却介质温度条件,超出正常范围[见 GB/T 1094.1—2013 中 4.2 b)],或冷却空气循环受限;
 - 3) 安装现场预计的地震活动情况,建议特殊考虑;
 - 4) 损伤性烟雾蒸气,腐蚀性灰尘,粉尘或气体、蒸气的爆炸性混合物,烟雾,水蒸气饱和或滴水等;
 - 5) 非正常振动、摆动、冲击或冲撞条件。

B.2 并联运行

若要求与已有变压器并联运行,则宜予以说明,并应给出已有变压器的下列数据:

- a) 额定容量;
- b) 额定电压比;
- c) 除主分接外的其他分接电压比;
- d) 在额定电流下主分接上的负载损耗,校正到相应的参考温度(见 GB/T 1094.1—2013 中 11.1);
- e) 如果极限分接上的电压与主分接电压差大于 5%,主分接和极限分接上的短路阻抗;如果可能,其他分接上的阻抗;
- f) 联结图或联结组标号,或两者都给出。

对多绕组变压器,一般要求有辅助信息。

附录 C

(资料性附录)

充气式电力变压器的仪表、指示器和继电器

本附录对充气式电力变压器和油浸式电力变压器的仪表、指示器和继电器进行了比较,见表 C.1。实际提供的仪表、指示器和继电器应由制造方与用户协商确定,并取决于充气式电力变压器的尺寸和关键性。

进一步的指导参见 2011 年 2 月发布的 CIGRE 手册 445 中的附录 2。

表 C.1 充气式电力变压器和油浸式电力变压器的仪表、指示器和继电器的比较

充气式电力变压器		油浸式电力变压器
充气式电力变压器 推荐组件	气体温控器	油面温控器
	气体密度继电器	油位计
	有载开关突发气压继电器	速动油压继电器(故障气体继电器、故障压力继电器和突发压力继电器)
充气式电力变压器 可选组件	本体突发气压继电器	
	绕组温控器	绕组温控器
	压力释放装置(见注 1)	压力释放装置
	气流指示计	油流继电器
注 1: 因为当充气式电力变压器内部发生故障时,其压力上升非常小,所以压力释放装置不推荐用在充气式变压器上。		
注 2: 虽然油浸式电力变压器使用气体继电器,但是充气式变压器没有相似功能的继电器使用。		

参 考 文 献

- [1] GB/T 1094.6 电力变压器 第6部分:电抗器
 - [2] GB/T 1094.7 电力变压器 第7部分:油浸式电力变压器负载导则
 - [3] GB/Z 1094.14 电力变压器 第14部分:采用高温绝缘材料的液浸式变压器的设计 and 应用
 - [4] GB/T 1094.16 电力变压器 第16部分:风力发电用变压器
 - [5] GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器
 - [6] GB/T 4956 磁性基体上非磁性覆盖层 覆盖层厚度测量 磁性法
 - [7] GB/T 7674 额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备
 - [8] GB/T 10230.1 分接开关 第1部分:性能要求和试验方法
 - [9] GB/T 11021 电气绝缘 耐热性和表示方法
 - [10] GB/T 16927(所有部分) 高电压试验技术
 - [11] GB/T 18494.1 变流变压器 第1部分:工业用变流变压器
 - [12] GB/T 18494.2 变流变压器 第2部分:高压直流输电用换流变压器
 - [13] GB/T 25120 轨道交通 机车车辆牵引变压器和电抗器
 - [14] ISO 2409 Paints and varnishes—Cross-cut test
 - [15] ISO 14122 (all parts) Safety of machinery—Permanent means of access to machinery
 - [16] IEC 60076-13 Power transformers—Part 13: Self-protected liquid-filled transformers
 - [17] CIGRE brochure 445; February 2011
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
电 力 变 压 器

第 15 部分：充气式电力变压器

GB/T 1094.15—2020

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室：(010)68533533 发行中心：(010)51780238

读者服务部：(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

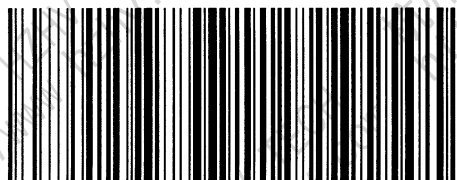
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 48 千字
2020 年 3 月第一版 2020 年 3 月第一次印刷

*

书号：155066 • 1-64507 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话：(010)68510107



GB/T 1094.15—2020

打印日期：2020年4月13日