ICS 29.180
K 41

[redacted]

[redacted]

[redacted]

目　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 2

4.1　概述 …… 4
4.2　绝缘材料的老化和寿命 …… 4
4.3　固体绝缘 …… 5
4.4　导线绝缘涂层 …… 6
4.5　绝缘液体 …… 7
5　绝缘系统 …… 9

5.2　绝缘系统类型 …… 9
6　温度限值 …… 12
7　变压器附件和相容性 …… 14

7.1　概述 …… 14
7.2　套管 …… 14
7.3　分接开关 …… 15
7.4　密封材料 …… 15
7.5　油箱喷漆 …… 15
7.6　冷却器 …… 15

9 需要的信息 …… 18
9.1 用户应提供的信息 …… 18
9.2 制造方应提供的信息 …… 19
10 铭牌及补充信息 …… 19
10.2 变压器说明书 …… 19
11 试验 …… 19
11.1 概述 …… 19
11.2 例行试验、型式试验和特殊试验的要求 …… 20
11.3 温升试验 …… 20
11.4 绝缘的型式试验 …… 22
12 监测、诊断和维修 …… 22
12.1 概述 …… 22
12.2 矿物油浸渍式变压器 …… 22
12.3 高温绝缘液体浸渍式变压器 …… 22
附录A（资料性附录） 与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件 …… 23

前　言

GB 1094《电力变压器》分为以下部分：

——第 1 部分：总则；

——第 2 部分：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；

[redacted]

本指导性技术文件是 GB 1094 的第 14 部分。

本指导性技术文件按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

引　言

几十年来，如同IEC 60076-2的规定，液浸式变压器绕组的平均温升一直限定为65 K/70 K，顶层油

温升限定为60 K。

从历史上看，液浸式变压器中的绕组导体向来是采用纤维素纸或瓷漆进行绝缘的，其他固体绝缘材料也是纤维素制品。至于绝缘液体，矿物油仍是最主要的。上述这些绝缘材料至今仍占主导地位。

变压器多年来所累积的运行经验，绝大多数是基于上述这些绝缘材料和温升限值取得的。有时，由于空间和重量限制，要求设计人员采用更高的温升值，以便减少变压器的尺寸并降低变压器重量。此

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和应用

1 范围

本指导性技术文件规定了采用高温绝缘材料或采用高温绝缘材料与常规绝缘材料组合的液浸式变压器的技术规范、设计、试验和负载等方面的信息,以供制造方和用户使用。

本指导性技术文件适用于:

——按 IEC 60076-1 设计的电力变压器;

——按 IEC 61378 系列标准设计的变流变压器;

——电弧炉变压器。

同时还包括了各种液体绝缘和固体绝缘组合的使用

对于采用高温绝缘材料的牵引变压器,本指导性技术文件也有指导作用。

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,仅注日期的版本适用于本文

IEC 60819-3(所有部分) 电工用非纤维素纸规范 第3部分:单项材料规范(Non-cellulosic papers for electrical purposes—Part 3:Specifications for individual materials)

IEC 60836 电气用未使用过的硅绝缘液体(Specifications for unused silicone insulating liquids for electrotechnical purposes)

IEC 60851-4 绕组线试验方法 第4部分:化学性能(Winding wires-Test methods—Part 4:Chemical properties)

IEC 60867 绝缘液体 以合成芳烃为基的未使用过的绝缘液体(Insulating liquids-Specifications for unused liquids based on synthetic aromatic hydrocarbons)

IEC 60893-3(所有部分) 绝缘材料 电工用热固性树脂工业硬质层压板(Insulating materials

3.4

耐热等级 thermal class

电气绝缘材料(EIM)或电气绝缘系统(EIS)耐热特性的一种标称，其数值等于该 EIM/EIS 可用的

3.5

常规 conventional

形容词，指由矿物油和非改性纸构成的系统的温升限值和所用绝缘材料。

3.6

热改性纸(TUP) thermally upgraded paper (TUP)

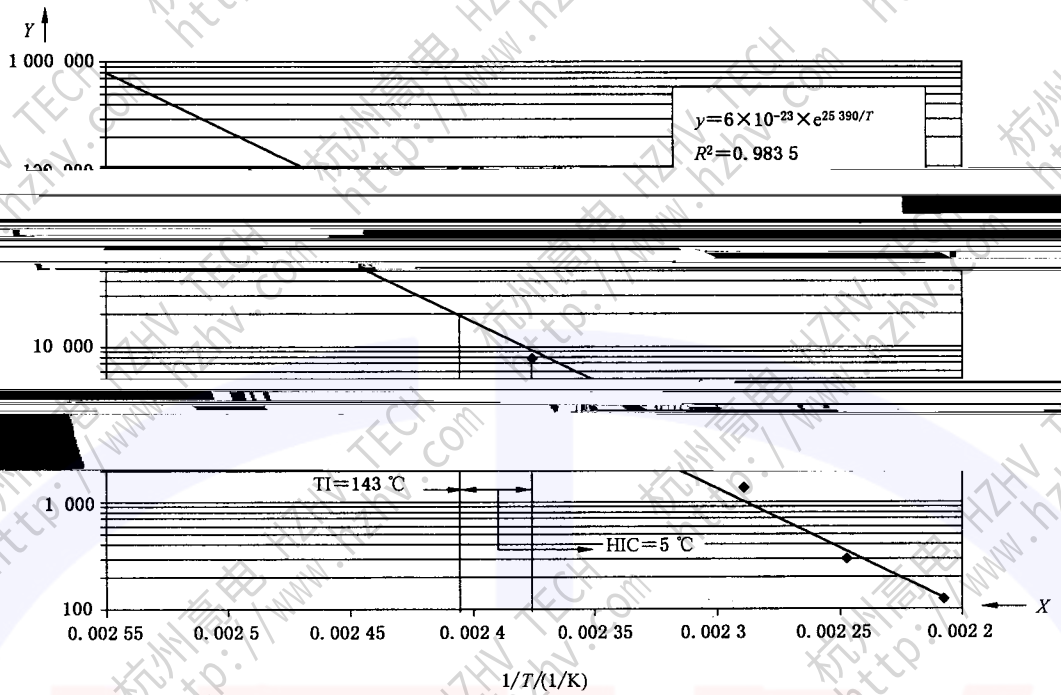
经过化学处理的纤维素纸，其分解率得以降低。通过局部消除水分形成的媒质(如在氰乙化物中)或通过使用稳定剂(如在胺化物、双氰胺中)来抑制水分形成以减少老化的影响。如果纸的寿命满足了

4 绝缘材料

4.1 概述

本章所列举的各种高温绝缘材料仅供参考用。所述的这些材料，并不意味着它们之间任何一种特定的组合均作为电气绝缘系统(EIS)适用于高温液浸式变压器。

表1列出了目前常用的固体绝缘材料名称及其一些典型参数和特性。这些参数和特性，在对该材料进行评估时是必需的。值得注意的是，宜从材料生产商处取得所选用材料的供设计用的参数规定值。绝缘材料通常可分为固体、导线用漆涂层和液体类。



说明：

X 轴——绝对温度的倒数值，K^{-1}；

Y 轴——寿命，小时(h)；

注：X 轴$(1/T)$通常从右向左，所以高温在图的右手侧。

图 1　耐热试验图例

表1列出了常见材料名称及其典型性能参数值。表中也有纤维素基产品的参数以便比较。注意，这些材料的典型性能是将系统组成部分制作成独立的试验样品单个地在空气中试验取得的。当一个绝缘系统浸入所选用的绝缘液体中时，其绝缘性能和热特性的参数值可能与系统组成部分自身的参数值有明

也不宜假定系统的耐热等级必然是由该系统中各组成部分各自温度等级中最低者来确立的。相反地，系统的耐热能力往往要受益于最高温元件。但是在绝缘设计中，宜根据各组成部分的各自温度等级对不同的绝缘材料进行正确的配置。

根据对不同液体研究时的试验数据的分析，表明在运行温度下具有明显高的饱和含水量的液体，可

表 2　导线绝缘常用的各种涂层材料

	耐热等级			
	130	2.4		

IEC 61100提供了按燃点和发热(点燃用)值对绝缘液体进行分类的规则,按ISO 2592的规定,如

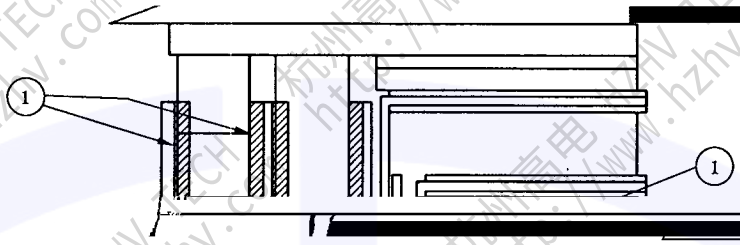
5 绝缘系统

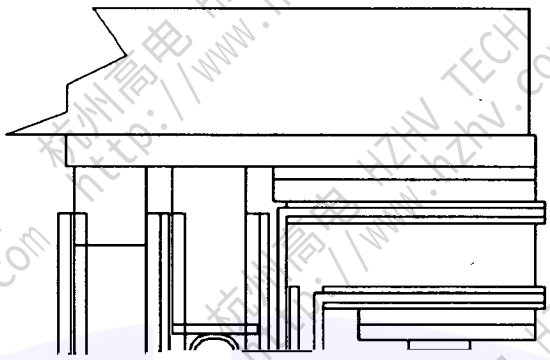
5.1 概述

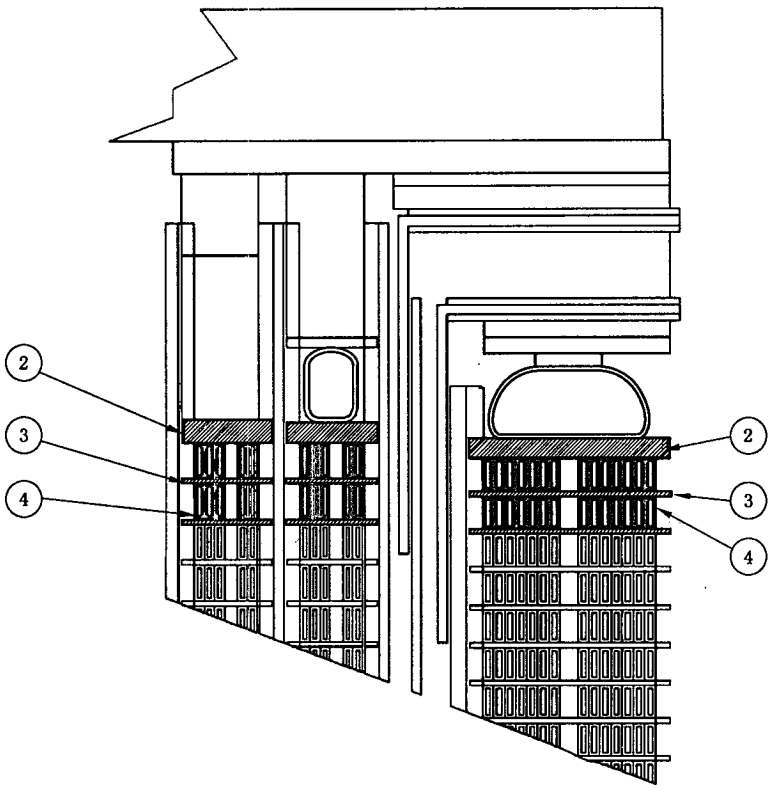
用于电工设备的绝缘系统，包括了用一种或几种固体绝缘材料对导电部分进行电气绝缘，同时用一种液体对导电部分进行绝缘并进行热交换和冷却。这些绝缘材料必须耐受住电工设备在其预计寿命期

IEC/TS 62332-1。

绝缘材料承受的热应力主要与温度有关。然而，即使在常规变压器中温度分布也是不均匀的。例


1
1





说明：

②——绕组顶部高温幅向垫块；

——由于存在因裸铜和银表面的接触反应而产生的副产品、溶解于绝缘液体中的衍生物以及微粒

[redacted]

所列的计算气泡产生时的温度计算近似公式，见附录C。当这个资料是基于纤维素绝缘和矿

表 5　均匀高温绝缘系统变压器的温升限值

a)　最高温升限值						
[redacted]						
[redacted]						
[redacted]						

对常规电容式套管宜特别注意，因为当套管周围环境温度过高时，电容可能会热击穿。见IEC 60137，其中描述了套管周围变压器绝缘液体的温度限值：

——正常负载：100 ℃；

——急救负载：115 ℃；

——最高日平均：90 ℃。

由于有热击穿的危险，电缆供应商及进入变压器的端部密封件的供应商可能也会限制变压器套管周围的液体温度。

7.3 分接开关

无励磁分接开关通常不会安置在顶层液体最热处。但是，当分接开关置放处的液体温度超过常规产品采用的100 ℃时，宜在选择分接开关各元件时，对其热、机械和绝缘性能进行专门考虑。

如果热量是从绕组传递到分接开关触头上，则绕组运行温度更高时也可能会对分接开关有影响。

7.10 电流互感器

电流互感器的绝缘系统宜在热和化学性能方面与变压器所用的高温绝缘液体相容。

7.11 温控器

必要时，温控器及温度指示器宜适合于更高温度下工作且具有更大的温度测量范围，更大的范围是
[redacted]

[redacted]

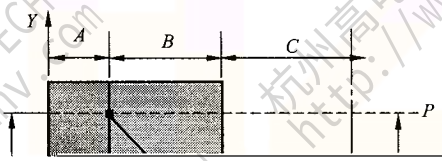
[redacted]

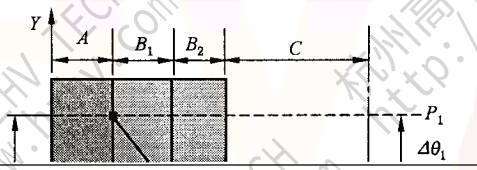
[redacted]

[redacted]

在D点(见图5)处的绕组表面的最高温度是由冷却通道中的液体温度与跨液体边界层温升之和给

出的。它与绕组表面处的传导系数和穿过绕组表面的热流密度有关。要求绝缘液体能承受此最高的绕组表面温度而其老化不加快,且不出现不可接受的气体或气泡。





8.4 过载

高温变压器的过载能力可能与常规变压器不一样，这与变压器的设计和绝缘系统的热能力有关。

IEC 60076-7 关于油浸式变压器负载导则的一般原理和公式仍适用，但计算出的最热点温

度和时间常数对不同的绝缘系统可能不适用。最高计算温度见表 1)和表 2)。任何计算要求，还应在

9.2 制造方应提供的信息

9.2.1 热特性

在询价及签订协议时宜给出额定的顶层液体温升和绕组平均温升。

除了 IEC 60076-2 规定的温升值外，宜提供绕组导线的热点温升值。

[redacted]

[redacted]

如果适用，宜给出所用绝缘液体的技术规范，同时宜按 IEC 61100 给出液体的等级标号。

[redacted]

9.2.2 参考温度

当变压器绕组具有不同的绝缘系统温度时，具有较高绝缘系统温度的绕组的参考温度应为变压器的参考温度。

9.2.3 保证值

应保证参考温度下的负载损耗及短路阻抗值。参考温度下的负载损耗亦用于温升试验中。

IEC 60076-1 规定的保证值偏差适用。

[redacted]

顶层液体温升及绕组平均温升限值应不超过表 4 和表 5 所列出的值。

10 铭牌及补充信息

10.1 铭牌和警告牌

10.1.1 铭牌

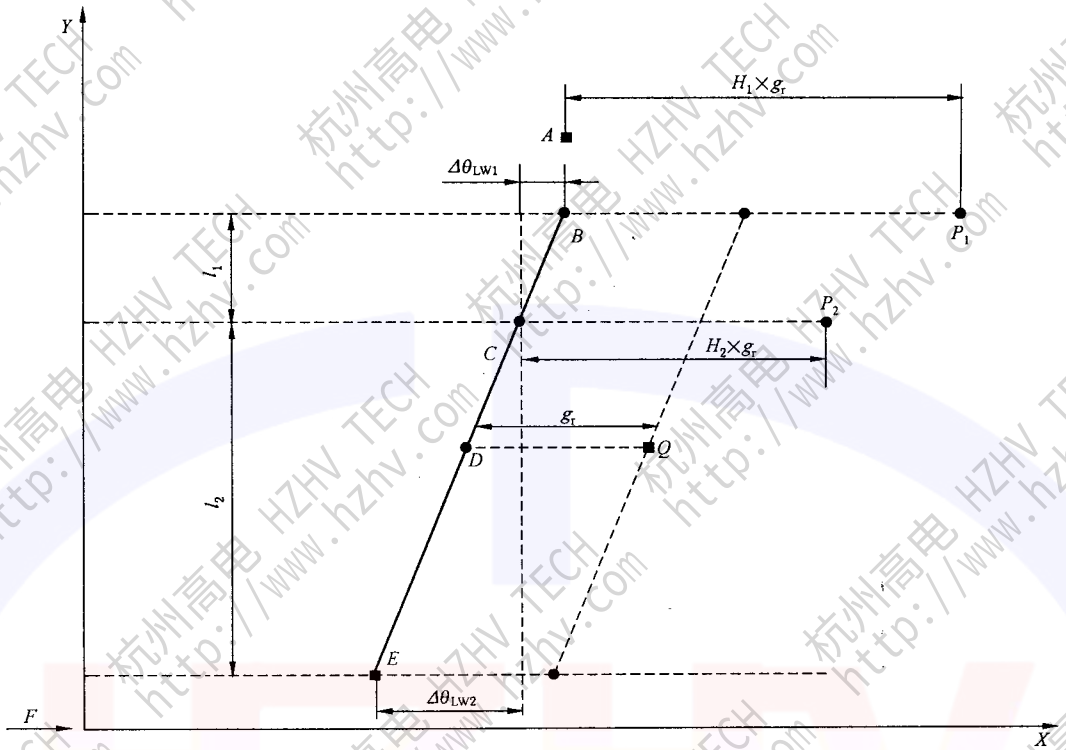
除了 IEC 60076-1 所规定的要求外，额定铭牌还应包括下列信息：

——标准编号；

[redacted]

11.2 例行试验、型式试验和特殊试验的要求

11.2.1 概述



X 轴 ——温度；

Y 轴 ——沿变压器高度方向的轴向位置；

A ——油箱中液体出口处和油箱温度计座的液体温度的平均值；

B ——绕组顶部处的液体温度(假设与 *A* 相同)；

C ——在两种不同绝缘材料分界处的绕组内部的液体温度；

D ——油箱内平均液体温度；

g_r ——额定电流下绕组平均温度与平均液体温度的温差；

E ——流入绕组底部的液体温度；

F ——表示油箱的底部；

11.4 绝缘的型式试验

需要时，绝缘系统的介电性能宜适合在高温下考核。

12 监测、诊断和维修

12.1 概述

对变压器进行监测和诊断，是对变压器的危险性进行分析和进行良好管理的战略手段之一，由此宜提出合适的维修计划和使变压器具有更可靠的运行寿命。由于以往的一些重要数据至今仍不大适用，

附 录 A
（资料性附录）
与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

GB/T 261—2008 闪点的测定 宾斯基-马丁闭口杯法(ISO 2719:2002,MOD)

[redacted]

GB 1094.1—1996 电力变压器 第1部分:总则(eqv IEC 60076-1:1993)

[redacted]

GB 1094.2—1996 电力变压器 第2部分:温升(eqv IEC 60076-2:1993)

[redacted]

附 录 B
（资料性附录）
从表 4 和表 5 看变压器温度

表 4 和表 5 中所列的温度限值是根据固体和液体绝缘材料在给定的绝缘系统中的热性能给出的。

[redacted]

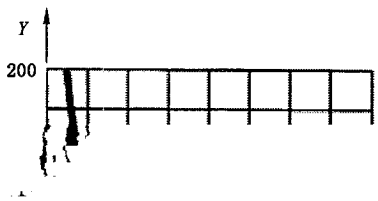
系统的理论上平均水平的变压器进行比较，给出新绝缘系统的温升限值。表 B.1 从理论上说明了与每个绝缘系统相应的液体温升对应的可能的绕组梯度和热点温度系数。从结果上看，某些温升可能是不现实的。此外，为了简化，平均液体温升取顶层液体温升的 80%。

表 B.1 中将相对不熟悉的高温系统的关键温度与熟悉的常规系统进行了比较。此外，表 B.1 并不

附 录 C
（资料性附录）
气泡生成温度的计算

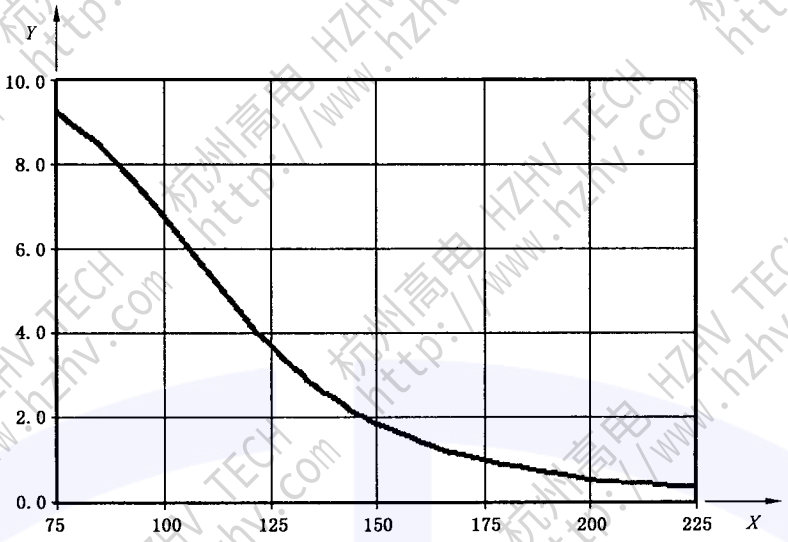
C.1 概述

用户与设计人员宜考虑高温变压器内部会产生气泡的可能性。以往大量的关于过载条件的研究报告都是关于纤维素绝缘变压器的，但对于预定在高温下运行的变压器来说，生成气泡的原则大致相同


Y
200

C.3.1.2 介电响应分析法

本法要求变压器在无励磁时施加一个直流电压，将其结果与含水量已知的系统进行比较，便可估算



说明：

X 轴——温度(℃)；

Y 轴——纸的含水量(%)。

图 C.4　由计算例子所列各参数值得出的纸的含水量与气泡生成温度之间的关系曲线

参 考 文 献

[1] IEC 60050-212:1
solids, liquids and gases

[2] IEC 60076-4 Powe
pulse testing-Power transfor

[3] IEC 60076-8 Powe

[4] IEC 60137 Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V

[5] IEC 60422 Mineral insulating oils in electrical equipment—Supervision and maintenance guidance

[6] IEC 60505 Evaluation and qualification of electrical insulation systems

[7] IEC 60567 Oil-filled electrical equipment—Sampling of gases and of oil for analysis of free and dissolved gases—Guidance

[8] IEC 60599 Mineral oil-impregnated electrical equipment in service—Guide for the interpretation of dissolved and free gases analysis

[9] IEC 60944 Guide for the maintenance of silicone transformer liquids

[10] IEC 60970 Insulating liquids--Methods for counting and sizing particles

[11] IEC 61039 Classification of insulating liquids

[12] IEC 61203 Synthetic organic esters for electrical purposes—Guide for maintenance of transformer esters in equipment

[13] IEC 61378-2 Convertor transformers—Part 2: Transformers for HVDC applications

[14] IEC 61378-3 C

[15] IEC/TS 62332-1

system, Cellulose DOI 10.2007/s 10570-007-9124-1, June 2007

[25] L. Lundgaard, O. Lillevik, K. B. Liland (SINTEF), Verification of paper condition in aged transformers, CIGRE colloquium A2/D1.01-Bruges, October 2007

[26] T. V. Oommen, Moisture equilibrium in paper-oil insulation systems, Proc. Electrical Insulation Conference, Chicago, October 3-6, 1983

[27] ANSI/IEEE C57.100 Standard Test Procedure for Thermal Evaluation of Liquid-Immersed Distribution and Power Transformers

中 华 人 民 共 和 国
国家标准化指导性技术文件
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和应用
GB/Z 1094.14—2011/IEC/TS 60076-14:2009
*
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(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
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 2.5 字数 69千字