



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 19212.17—2019  
代替 GB/T 19212.17—2013

## 电源电压为 1 100 V 及以下的变压器、 电抗器、电源装置和类似产品的安全 第 17 部分：开关型电源装置和开关型 电源装置用变压器的特殊要求和试验

**Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for  
supply voltages up to 1 100 V—Part 17: Particular requirements and  
tests for switch mode power supply units and transformers for  
switch mode power supply units**

(IEC 61558-2-16:2013, Safety of transformers, reactors, power supply  
units and similar products for supply voltages up to  
1 100 V—Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power  
supply units and transformers for switch mode power supply units, MOD)

2019-10-18 发布

2020-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 目 次

前言 .....	III
引言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	3
4 一般要求 .....	4
5 试验的一般说明 .....	4
6 额定值 .....	4
7 分类 .....	4
8 标志和其他信息 .....	5
9 电击防护 .....	6
10 输入电压设定值的改变 .....	6
11 负载输出电压和输出电流 .....	6
12 空载输出电压 .....	6
13 短路电压 .....	7
14 发热 .....	7
15 短路和过载保护 .....	7
16 机械强度 .....	8
17 防止灰尘、固体异物和潮湿有害进入的防护 .....	8
18 绝缘电阻、介电强度和漏电流 .....	8
19 结构 .....	9
20 元器件 .....	16
21 内部布线 .....	16
22 电源连接和其他外部软电缆或软线 .....	16
23 外部导线接线端子 .....	16
24 保护接地装置 .....	16
25 螺钉和连接 .....	16
26 爬电距离、电气间隙和贯通绝缘距离 .....	16
27 耐热、耐燃和耐电痕化 .....	28
28 防锈 .....	28
附录 K (规范性附录) 绝缘绕组线 .....	30
附录 AA (资料性附录) 局部放电(PD)试验 .....	33
附录 BB (规范性附录) 内部频率大于 500 Hz 的开关型电源的配套用变压器的特殊要求 .....	34

参考文献 .....	36
图 101 试验电压 .....	9
图 102 电气间隙尺寸确定图 .....	17
图 103 爬电距离尺寸确定图 .....	18
图 104 按式(2)确定固体绝缘尺寸的允许电场强度 .....	27
表 101 输出电压比 .....	7
表 8a 介电强度试验电压值表 .....	8
表 102 根据漆包层增加的 FIW 线最大外径值和最小试验电压值 .....	14
表 103 GB/T 16935.4—2011 中 4.3 规定的近似均匀电场条件下频率大于 30 kHz 时的电气间隙值 .....	18
表 104 频率不大于 30 kHz 时 SMPS 一次侧电路产生暂态过电压或重复峰值电压的电气间隙值 .....	19
表 105 频率大于 30 kHz 时非均匀电场条件下空气中电气间隙的最小值 .....	19
表 106 基本绝缘或附加绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 1) .....	21
表 107 基本绝缘或附加绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 2) .....	22
表 108 基本绝缘或附加绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 3) .....	23
表 109 双重绝缘或加强绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 1) .....	24
表 110 双重绝缘或加强绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 2) .....	25
表 111 双重绝缘或加强绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 3) .....	26
表 K.1 卷轴直径 .....	31
表 K.2 烘箱温度 .....	31

## 前 言

GB/T 19212《变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全》<sup>1)</sup>由以下部分组成：

- 第 1 部分：通用要求和试验；
- 第 2 部分：一般用途分离变压器和内装分离变压器的电源的特殊要求和试验；
- 第 3 部分：控制变压器和内装控制变压器的电源的特殊要求和试验；
- 第 4 部分：燃气和燃油燃烧器点火变压器的特殊要求和试验；
- 第 5 部分：隔离变压器和内装隔离变压器的电源装置的特殊要求和试验；
- 第 6 部分：剃须刀用变压器、剃须刀用电源装置及剃须刀供电装置的特殊要求和试验；
- 第 7 部分：安全隔离变压器和内装安全隔离变压器的电源装置的特殊要求和试验；
- 第 8 部分：玩具用变压器和电源的特殊要求和试验；
- 第 9 部分：电铃和电钟用变压器及电源装置的特殊要求和试验；
- 第 10 部分：Ⅲ类手提钨丝灯用变压器和电源装置的特殊要求和试验；
- 第 13 部分：恒压变压器的特殊要求；
- 第 14 部分：自耦变压器和内装自耦变压器的电源装置的特殊要求和试验；
- 第 15 部分：调压器和内装调压器的电源装置的特殊要求和试验；
- 第 16 部分：医疗场所供电用隔离变压器的特殊要求和试验；
- 第 17 部分：开关型电源装置和开关型电源装置用变压器的特殊要求和试验；
- 第 20 部分：干扰衰减变压器的特殊要求；
- 第 21 部分：小型电抗器的特殊要求和试验；
- 第 24 部分：建筑工地用变压器的特殊要求；
- 第 27 部分：节能和其他目的用变压器和电源装置的特殊要求和试验。

本部分为 GB/T 19212 的第 17 部分。本部分是在 GB/T 19212.1—2016 的基础上制定的，本部分需与 GB/T 19212.1—2016 配套使用。本部分是对 GB/T 19212.1—2016 的相应章、条进行补充和修改，以便将 GB/T 19212.1—2016 的内容转化为本部分的内容。本部分针对 GB/T 19212.1—2016 新增增加的内容从 101 开始编号，新增加的附录编号为 AA、BB 等。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 19212.17—2013《电源电压为 1 100 V 及以上的变压器、电抗器、电源装置和类似产品的安全 第 17 部分：开关型电源装置和开关型电源装置用变压器的特殊要求和试验》。与 GB/T 19212.17—2013 相比，主要技术变化如下：

- 增加了“引言”；
- 修改了规范性引用文件(见第 2 章)；
- 增加了术语和定义(见第 3 章)；
- 增加了不同结构产品对介电强度试验电压系数要求的规定(见 18.3)；
- 增加了使用 FIW 绕组线产品进行局部放电试验的规定(见 18.102)；
- 修改了结构的规定(见第 19 章)；

1) GB/T 19212 中，有些部分是在《电力变压器、电源、电抗器和类似产品的安全》标题下，有些部分是在《电源电压为 1 100 V 及以上的变压器、电抗器、电源装置和类似产品的安全》标题下，有些部分是在《变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全》标题下，未来发布的 GB/T 19212 的标题可能会修改。

——增加了爬电距离、电气间隙和贯通绝缘距离的规定(见第 26 章);

——增加了附录 K(见附录 K)。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 61558-2-16:2013《电源电压为 1 100 V 及以下的变压器、电抗器、电源装置和类似产品的安全 第 2-16 部分:开关型电源装置和开关型电源装置用变压器的特殊要求和试验》。

本部分与 IEC 61558-2-16:2013 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:

- 保留了 GB/T 19212.1—2016 与 IEC 61558-1:2009 间在第 2 章中存在的技术性差异,以便与 GB/T 19212.1—2016 配套使用;
- 用修改采用国际标准的 GB 4943.1 代替了 IEC 60950-1(见第 1 章);
- 删除了 IEC 60227(所有部分);
- 增加了 GB/T 19212.1—2016(见第 14 章和 19.1)和 GB/T 16935.5—2008(见第 26 章),以便于使用。

——将国际标准 19.1.1.3 中的三处电压倍数 1.06 改为 1.1,以便符合我国的实际情况。

本部分还做了下列编辑性修改:

——为了满足 GB/T 19212 系列标准统一编号,将标准名称改为《电源电压为 1 100 V 及以下的变压器、电抗器、电源装置和类似产品的安全 第 17 部分:开关型电源装置和开关型电源装置用变压器的特殊要求和试验》;

——对国际标准的表和图编号进行了调整;

——删除了国际标准 26.105 和 26.106 的条标题,使标准结构统一;

参考文献增加了 IEC 60851-5:1988 和 IEC 61558-2-17:1997。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国小型电力变压器、电抗器、电源装置及类似产品标准化技术委员会(SAC/TC 418)归口。

本部分起草单位:沈阳变压器研究院股份有限公司、北京泰瑞特检测技术服务有限责任公司、上海市质量监督检验技术研究院、工业和信息化部电子第五研究所赛宝质量安全检测中心、铜陵三佳变压器科技股份有限公司、中山市宝利金电子有限公司、上海出入境检验检疫局机电产品检测技术中心、明珠电气股份有限公司。

本部分主要起草人:张显忠、张雅芳、俞毅敏、孙建龙、张红、李新满、林俊容、梁辉、毛启武。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB 19212.18—2006;

——GB/T 19212.17—2013。

## 引 言

本部分将允许在开关型电源装置(SMPS)内使用全绝缘绕组线(FIW 线)。制造方需注意,在生产和运输期间,FIW 线可能会受到损伤。



# 电源电压为 1 100 V 及以下的变压器、 电抗器、电源装置和类似产品的安全 第 17 部分：开关型电源装置和开关型 电源装置用变压器的特殊要求和试验

## 1 范围

GB/T 19212.1—2016 的该章用下列内容代替：

GB/T 19212 的本部分规定了开关型电源装置和开关型电源装置用变压器的安全要求。带有电子线路的变压器也包括在本部分中。

注 1：安全要求包括电气、温度和机械方面。

本部分适用于：

- a) 内装安全隔离变压器、提供符合 GB/T 17045 和 GB/T 16895.21 规定的交流或直流 SELV、PELV 或 FELV 输出电压或其中的某种组合的输出电压、用于家用和其他消费类产品的开关型电源装置，但 GB 8898、IEC 61347 系列、IEC 61204-7 和 GB 4943.1 包含的产品除外；
- b) 最高输出电压不超过交流 1 000 V 或无纹波直流 1 414 V 的家用和其他消费类产品的开关型电源装置，但在 a) 项中包含的产品、GB 8898、IEC 61347 系列、IEC 61204-7 和 GB 4943.1 包含的产品除外；
- c) 本部分可用于开关型电源装置内使用的变压器（见附录 BB）。

本部分包含的安全要求用于：

- 对应于 GB/T 19212.2 的一般用途分离 SMPS；
- 对应于 GB/T 19212.5 的一般用途隔离 SMPS；
- 对应于 GB/T 19212.7 的一般用途安全隔离 SMPS；
- 对应于 GB/T 19212.14 的一般用途自耦 SMPS。

对应于 GB/T 19212 系列其他部分特定应用的 SMPS，其相应要求适用。此外，本部分列出的要求也适用。当两项标准不一致时，优先采用更严格的标准。

注 2：由于内部变压器的最高额定电源电压为 1 000 V，因为整流方式的原因，开关型电源的最高额定电源电压可能较低。

本部分包含驻立式或移动式、单相或多相、空气冷却（自冷或风冷）、独立或配套用开关型电源装置，其额定电源电压不超过交流 1 100 V，额定电源频率不超过 500 Hz，额定内部工作频率超过 500 Hz，但不超过 100 MHz，额定输出不超过 1 kVA 或 1 kW，内装包封绕组或非包封绕组的干式变压器。

本部分附录 BB 所包含的开关型电源装置用配套变压器的额定输出不超过：

- 对单相变压器，为 25 kVA；
- 对三相变压器，为 40 kVA。

注 3：对更高的频率需要附加要求，但本部分可以作为导则使用。

开关型电源装置的空载输出电压或额定输出电压不超过：

- 当使用分离变压器或自耦变压器时，为交流 1 000 V 或无纹波直流 1 415 V；
- 当使用隔离变压器时，为交流 500 V 或无纹波直流 708 V；
- 当使用安全隔离变压器时，为交流 50 V 或无纹波直流 120 V。

对于独立的开关型电源装置，当使用分离变压器或自耦变压器时，空载输出电压或额定输出电压不



低于交流 50 V 或无纹波直流 120 V。

本部分也适用于额定输出不受限制的开关型电源装置、变流器和逆变器,但是这样的开关型电源是特殊应用,要按供需双方之间的协议。

注 4: 本部分上下文中,将变流器和逆变器都视为开关型电源装置。

对于未包含在本部分的范围、IEC 61204-7 的范围或 IEC 61347 系列的范围内的产品,本部分也可以作为导则使用。

本部分不适用于:

- 发电机组;
- IEC 62040 规定的不间断电源(UPS);
- IEC 61204-7(即:低压电源装置、直流输出、性能参数)包含的开关型电源装置、直流电源和配电设备及 GB 4943.1、GB 4793.1、GB 9706.1 和 GB 8898 所适用的开关型电源装置;
- IEC 61347 包含的灯控制装置;
- 预定要与变压器的输入端子和输出端子连接的外部电路及其元器件。

注 5: IEC 61204-7 由 IEC/TC 22 的 SC 22E 更新。

注 6: 注意以下情况:

- 对预定用在车辆、船舶或飞机上的变压器,可能需要附加要求(按其他适用的标准、国家规程等);
- 可考虑采取措施使外壳及其内部元器件不受外界影响,如霉菌、虫蛀、白蚁、太阳辐射和冰冻;
- 宜考虑变压器在运输、储存和运行方面的不同条件;
- 对预定用于特殊环境的变压器,例如热带环境,可以采用符合其他适用的标准和国家规程的附加要求。

注 7: 随着今后变压器技术的发展,可能需要提高变压器频率的上限值,到那时之前,可以将本部分作为导则使用。除非另有规定,在此之后的术语 SMPS 包括开关型电源装置。

## 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。

除下列引用文件外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

该章增加下列引用文件:

GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第 1 部分:通用要求(GB 4793.1—2007, IEC 61010-1:2001, IDT)

GB 4943.1 信息技术设备 安全 第 1 部分:通用要求(GB 4943.1—2011, IEC 60950-1:2005, MOD)

GB 9706.1 医用电气设备 第 1 部分:安全通用要求(GB 9706.1—2007, IEC 60601-1:1988, IDT)

GB/T 16895.21 低压电气装置 第 4-41 部分:安全防护 电击防护(GB/T 16895.21—2011, IEC 60364-4-41:2005, IDT)

GB/T 16935.4—2011 低压系统内设备的绝缘配合 第 4 部分:高频电压应力考虑事项(IEC 60664-4:2005, IDT)

GB/T 16935.5—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第 5 部分:不超过 2 mm 的电气间隙和爬电距离的确定方法(IEC 60664-5:2007, IDT)

GB/T 19212.1—2016 变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全 第 1 部分:通用要求和试验(IEC 61558-1:2009, MOD)

GB/T 19212.2 电力变压器、电源、电抗器和类似产品的安全 第 2 部分:一般用途分离变压器和内装分离变压器的电源的特殊要求和试验(GB/T 19212.2 2012, IEC 61558-2-1:2007, IDT)

GB/T 19212.5 电源电压为 1 100V 及以下的变压器、电抗器、电源装置和类似产品的安全 第

5 部分:隔离变压器和内装隔离变压器的电源装置的特殊要求和试验(GB/T 19212.5—2011, IEC 61558-2-4:2009, IDT)

GB/T 19212.7 电源电压为 1 100V 及以下的变压器、电抗器、电源装置和类似产品的安全 第 7 部分:安全隔离变压器和内装安全隔离变压器的电源装置的特殊要求和试验(GB/T 19212.7—2012, IEC 61558-2-6:2009, IDT)

GB/T 19212.14 电源电压为 1 100V 及以下的变压器、电抗器、电源装置和类似产品的安全 第 14 部分:自耦变压器和内装自耦变压器的电源装置的特殊要求和试验(GB/T 19212.14—2012, IEC 61558-2-13:2009, IDT)

GB/T 23311 240 级芳族聚酰亚胺薄膜绕包铜圆线(GB/T 23311—2009, IEC 60317-43:1997, IDT)

IEC 60317-0-7:2012 特种绕组线的规范 第 0-7 部分:通用要求 标称导线直径 0.040 mm 到 1.600 mm 全绝缘(FIW)零缺陷漆包铜导线[Specifications for particular types of winding wires—Part 0-7:General requirements Fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wire with nominal conductor diameter of 0.040 mm to 1.600 mm]

IEC 60317-56 特种绕组线的规范 第 56 部分:可焊接全绝缘(FIW)零缺陷漆包铜导线,标称导线直径 0.040 mm 到 1.600 mm, 180 等级[Specifications for particular types of winding wires—Part 56:Solderable fully insulated (FIW) zero-defect polyurethane enamelled round copper wire with nominal conductor diameter 0.040 mm to 1.600 mm, class 180]

IEC 60851-3:2009 绕组线 试验方法 第 3 部分:机械性能(Winding wires—Test methods—Part 3:Mechanical properties)

IEC 60851-5:2008 绕组线 试验方法 第 5 部分:电性能(Winding wires—Test methods—Part 5:Electrical properties)

IEC 61204-7 低压电源,直流输出 第 7 部分:安全要求(Low voltage power supplies, d.c. output—Part 7:Safety requirements)

IEC 61347(所有部分) 灯的控制装置(Lamp controlgear)

IEC 62040(所有部分) 不间断电源设备(UPS)[Uninterruptible power systems (UPS)]

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

除下列术语和定义外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

该章增加下列内容:

GB/T 19212.1—2016 中的术语“变压器”也指本部分规定的 SMPS。

本部分附录 BB 中,术语“变压器”也适用于 SMPS 用变压器。

本部分使用了实际应用的术语。

GB/T 19212.1—2016 的该条用下列内容来代替:

#### 3.3.8

##### 工作电压 working voltage

在额定电源电压下空载或正常工作条件时,可能出现(局部地出现)在任何绝缘上的最高交流电压方均根值或直流电压值,忽略瞬时值。由电网电源供电的线路中的任何一点和其他隔离的部件间的工作电压假设为:

- 额定输入电压,或
- 测量的工作电压。

取其中的较大值。

注 1: 当考虑不准备接到一起的绕组间的绝缘系统时,工作电压认为是任何这些绕组上产生的最高电压。

注 2: 三相系统中,工作电压与标称电压不同。

GB/T 19212.1—2016 的该章增加下列术语和定义:

### 3.101

**全绝缘绕组线** fully insulated winding wire; FIW

符合 IEC 60317-0-7:2012、IEC 60317-56 和 IEC 60851-5:2008 规定的具有零缺陷导线结构的导线。

### 3.102

**零缺陷导线** zero-defect wire

在特定条件下测试时,未出现电性能不连续的绕组线。

### 3.103

**FIW 等级** grade of FIW

导线最大直径的范围(FIW3~FIW9)。

## 4 一般要求

GB/T 19212.1 2016 的该章适用。

## 5 试验的一般说明

GB/T 19212.1 2016 的该章适用。

## 6 额定值

除下列条款外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

该章增加下列条款:

### 6.101 额定输出电压不应超过:

对内装分离变压器或自耦变压器的 SMPS,为交流 1 000 V 或无纹波直流 1 415 V;

——对内装隔离变压器的 SMPS,为交流 500 V 或无纹波直流 708 V;

——对内装安全隔离变压器的 SMPS,为交流 50 V 或无纹波直流 120 V。

对于内装分离变压器或自耦变压器的独立用 SMPS,额定输出电压应超过交流 50 V 或无纹波直流 120 V,但不超过交流 1 000 V 或无纹波直流 1 415 V。

### 6.102 SMPS 的额定输出不应超过 1 kVA 或 1 kW。

注: 装在 SMPS 中的变压器参见附录 BB。

### 6.103 额定电源频率不应超过 500 Hz。

### 6.104 额定内部运行频率不应超过 100 MHz。

### 6.105 额定电源电压不应超过交流 1 100 V。

通过检查标志来检验是否符合 6.101~6.105 的要求。

## 7 分类

GB/T 19212.1 2016 的该章适用。

## 8 标志和其他信息


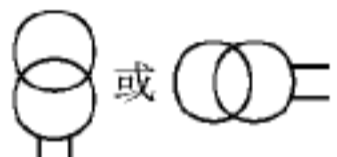

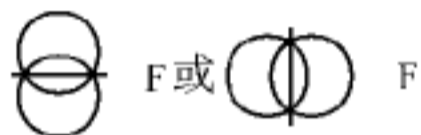
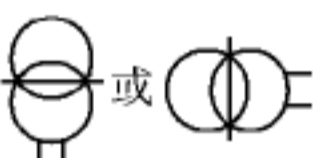




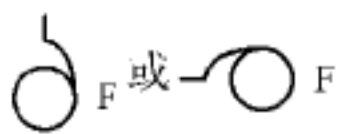
除下列条款外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

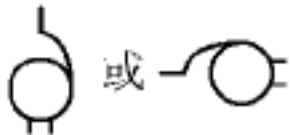
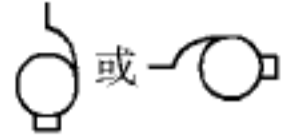
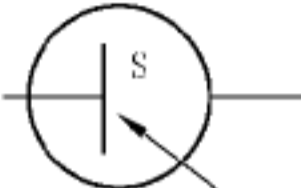
## 8.1 h)项用下列内容代替:

8.11 中所示的相关图形符号表示变压器的类型加上 SMPS 用的符号。如果 IP00 变压器或/和配套用变压器在同一结构中具有和 GB/T 19212 系列其他不同特殊要求标准对应的电路(例如对应于 GB/T 19212.7 的 SELV 输出电路和对应于 GB/T 19212.5 的 230 V 输出电路),则应使用相应的符号。除适用于内装式变压器和内装式 SMPS 的标记外,术语变压器应用 SMPS 来代替。

## 8.11 该条增加下列内容:

应使用下列符号来标记内装变压器的类型:

符号或图形符号	说明或名称	标识代号
	内装无危害式分离变压器的 SMPS	
	内装非耐短路分离变压器的 SMPS	GB/T 5465.2(5223)
	内装耐短路分离变压器的 SMPS (固有耐短路或非固有耐短路)	GB/T 5465.2(5220)
	内装无危害式隔离变压器的 SMPS	
	内装非耐短路隔离变压器的 SMPS	
	内装耐短路隔离变压器的 SMPS (固有耐短路或非固有耐短路)	
	内装无危害式安全隔离变压器的 SMPS	
	内装非耐短路安全隔离变压器的 SMPS	
	内装耐短路安全隔离变压器的 SMPS (固有耐短路或非固有耐短路)	
	内装无危害式自耦变压器的 SMPS	

符号或图形符号	说明或名称	标识代号
	内装非耐短路自耦变压器的 SMPS	
	内装耐短路自耦变压器的 SMPS (固有耐短路或非固有耐短路)	
	SMPS(开关型电源装置)	

## 9 电击防护

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

## 10 输入电压设定值的改变

除下列条款外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

该章增加下列条款:

10.101 根据为相应输出电路供电的变压器类型,如果输出电压不超过额定输出电压,并且空载输出电压不超过输出电压偏差限值,则允许一个较宽的电源电压范围(如交流 100 V~交流 240 V)。

## 11 负载输出电压和输出电流

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

## 12 空载输出电压

除下列规定外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

该章增加下列内容:

在环境温度下,当 SMPS 接上额定电源频率的额定电源电压时,测量空载输出电压。

12.101 空载输出电压不应超过:

- 对内装分离变压器或自耦变压器的 SMPS,为交流 1 000 V 或无纹波直流 1 415 V;
- 对内装隔离变压器的 SMPS,为交流 500 V 或无纹波直流 708 V;
- 对内装安全隔离变压器的 SMPS,为交流 50 V 或无纹波直流 120 V。

对独立用变压器,此输出电压限值也适用于不预定互相连接的输出绕组呈串联连接的情况。

12.102 空载输出电压与负载输出电压之差不应过大。

按本条测得的空载输出电压与按第 11 章测得的负载输出电压之差,当表示为后者的百分数时,不应超过表 101 所示的值。

注 1: 该比值定义为:  $\frac{U_{\text{空载}} - U_{\text{负载}}}{U_{\text{负载}}} \times 100\%$

式中:

$U_{\text{空载}}$ ——空载输出电压,单位为伏(V);

$U_{\text{负载}}$ ——负载输出电压,单位为伏(V)。

表 101 输出电压比

变压器类型 额定输出 VA	空载输出电压与负载输出电压比值 %
$\leq 63$	20
$> 63 \sim \leq 250$	15
$> 250 \sim \leq 630$	10
$> 630$	5

是否满足 12.101 和 12.102 的要求,应在环境温度下将 SMPS 接至额定电源频率的额定电源电压,测量空载输出电压来检验。

差值不应超过表 101 中所列数值。

注 2: 表 101 中的数值以 GB/T 19212.5 的值为依据,也适用于符合 GB/T 19212.2、GB/T 19212.7 和 GB/T 19212.14 部分的 SMPS。

12.103 除非制造方另有规定,对具有高频输出额定值的 SMPS,应在最不利条件下用 20 cm~200 cm 长的导线连接至输出端子进行试验。可以使用标定为 60227 IEC 53 的双绞线或电缆。导体的横截面积应按 SMPS 的额定输出来确定,而且电流密度不应超过正常使用时的 5 A/mm<sup>2</sup>。

### 13 短路电压

GB/T 19212.1 2016 的该章适用。

### 14 发热

除下列规定外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

该章增加下列条款:

14.101 对于内部频率高于 1 kHz 的内装变压器的 SMPS,可以使用热电偶或等效方式测量温度,以确定绕组和绝缘材料的温度。

采用热电偶测量时,应将 GB/T 19212.1 2016 表 1 中绕组的最大温度值减去 10 °C,热电偶应装在内装变压器易接触的表面上。

注: 热电偶不宜与绕组结合在一起。

### 15 短路和过载保护

除下列条款外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

该章增加下列条款:

15.101 电子电路的设计及应用应在 SMPS 范围内的故障情况下不会引起电击或火灾,对设备的非故意操作应不削弱安全性。

按照 GB/T 19212.1 2016 附录 H 规定的故障条件的评估来检验是否满足要求。

16 机械强度

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

17 防止灰尘、固体异物和潮湿有害进入的防护

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

18 绝缘电阻、介电强度和漏电流

除下列条款外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

18.3 在表 8a 中新增 5)一栏:

表 8a 介电强度试验电压值表

介电强度试验电压的施加部位	工作电压 V				
	<50	150	300	600	1 000
5) 预定串联或并联连接的绕组之间的功能绝缘	工作电压+500 V				

用下列内容代替表 8a 脚注的内容:

° 对符合 26.2.4.1 的结构,试验 B)的试验电压要乘以系数 1.25。对符合 26.2.4.2 的结构,试验电压要乘以系数 1.35。

18.4 不适用。

该章增加下列内容:

如果适用,术语“变压器”应用“SMPS”代替。

18.101 SMPS 应满足 GB/T 16935.1—2008 中表 F.5 规定的冲击试验,用 1.2/50  $\mu$ s 进行试验,规定如下:

18.3 的试验结束后,SMPS 应连接到冲击试验设备上。冲击试验应在 SMPS 输入和输出端子之间每个极性进行 10 次冲击。如果在 SMPS 内部产生冲击,则冲击间隔应至少为 1 s。

试验过程中,绕组匝间、输入电路与输出电路之间、相邻的输入电路或输出电路之间或绕组与任何导电铁心之间的绝缘不应击穿。

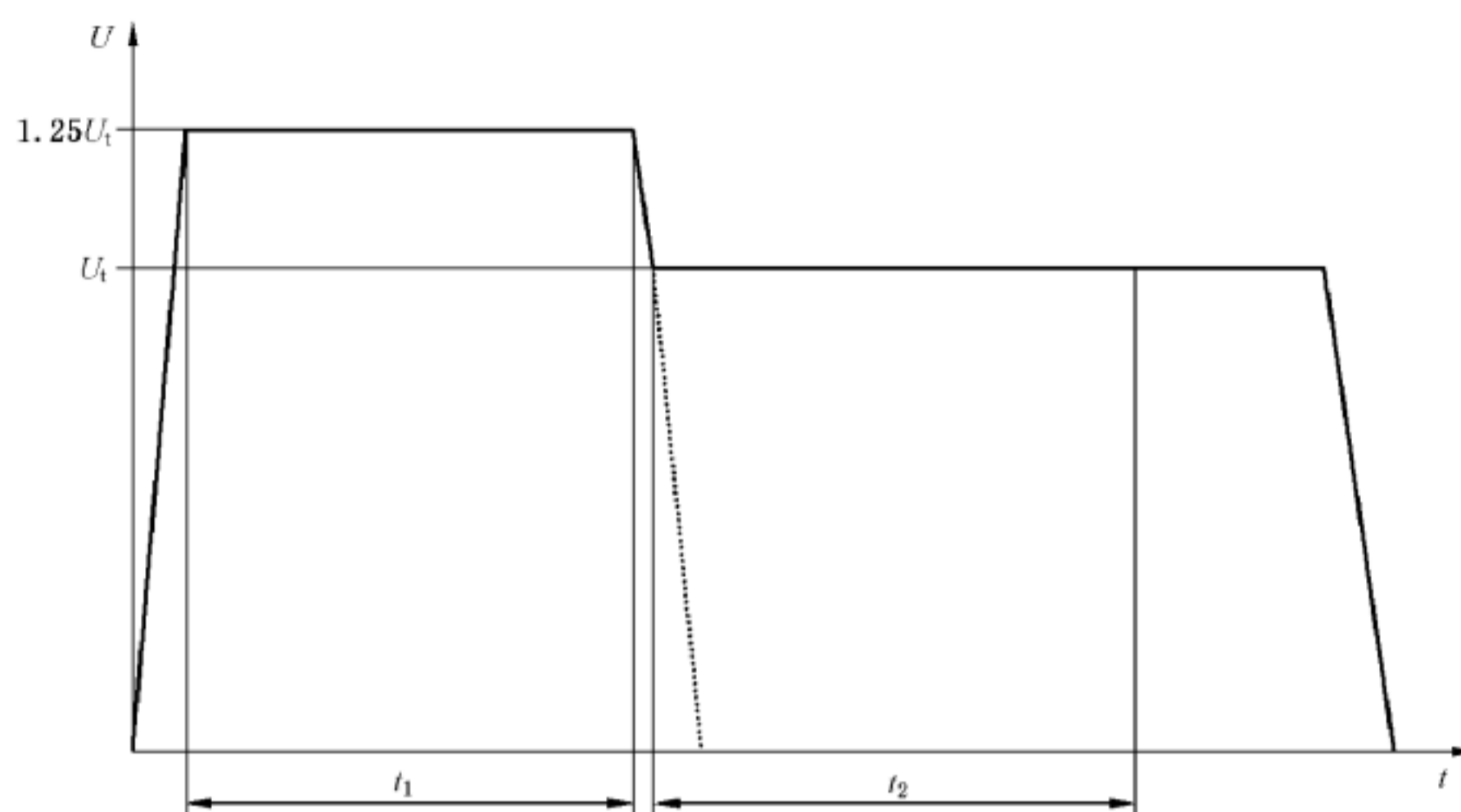
18.102 如果使用 FIW 线并且在绝缘端的再现峰值工作电压  $U_i$  高于 750 V,则应按照 GB/T 16935.1—2008 进行局部放电试验(试验说明如下)。当二次侧接地时,相关的再现峰值电压为 SMPS 的输入和输出电路之间的最大测量电压。测量应在 1.0 倍最大额定输入电压下进行。

局部放电试验应在测量的再现峰值电压  $U_i$  大于 750 V 的 SMPS 变压器上进行。

局部放电在  $t_2$  时间下应小于或等于 10 pC。

试验应按照图 101 进行。

对于其他应用可能要求较高值(例如 GB/T 12668.501)。



说明:

$U_t$  ——最大峰值工作电压;

$t_1$  ——为 5 s;

$t_2$  ——为 15 s。

图 101 试验电压

## 19 结构

除下列条款外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

19.1 该条用下列内容来代替:

19.1.1 内装自耦变压器的 SMPS

19.1.1.1 对于额定输入电压高于额定输出电压的插接式恒压自耦变压器,其输出接口处的对地电压不应高于额定输出电压。

此要求应通过下列方法之一来满足:

19.1.1.2 有极性的输入和输出插头和插座系统

这种情况下,应给出这种变压器不允许使用无极性的插头和插座系统的说明。

19.1.1.3 极性探测装置(用于无极性的输入和输出插头和插座系统)

当输出插座电极对地电压不超过额定输出电压时,极性探测装置应只对输出电路供电。断开装置每极间的触头开距应至少为 3 mm。

注:电磁继电器是极性探测装置的一个例子。

通过以下试验来检验是否合格。

自耦变压器在最不利负载和输出电压条件下,以 1.1 倍额定输入电压接到电网电源上。试验在输入电压极性反转下重复进行。试验中,测得的每极对地电压不应超过负载下的最大输出电压(1.1 倍额定输出电压,考虑了第 11 章的允许偏差)。

通过测量来检验是否合格。

如果由于检测原因,极性检测装置采用对地电流时,此电流不应超过 0.75 mA,并且应只在测量期间流过直至极性反转。

通过测量来检验是否合格。

所有的试验要在 GB/T 19212.1 2016 中 H.2.3 规定的故障条件下重做一次。此时,每极对地电



压不应超过负载条件下最大输出电压的 1.1 倍,持续时间超过 5 s。

通过测量来检验是否合格。

#### 19.1.2 内装分离变压器的 SMPS

19.1.2.1 输入电路和输出电路在电气上应彼此隔离。其结构应使这些电路之间不可能存在任何直接的或间接的通过其他导电零部件的连接,但有意采取时除外。

通过目视检查和测量,同时考虑第 18 章和第 26 章的规定来检验是否合格。

19.1.2.2 输入绕组与输出绕组之间的绝缘应至少由基本绝缘构成。

此外,还要符合下列要求:

——对于 I 类 SMPS,输入绕组与壳体及输出绕组与壳体之间的绝缘至少由基本绝缘构成(两种基本绝缘都与工作电压相对应);

——对于 II 类 SMPS,输入绕组与壳体及输出绕组与壳体之间的绝缘由双重绝缘或加强绝缘构成(双重绝缘或加强绝缘都与工作电压相对应)。

19.1.2.3 对带有不与壳体相连且位于输入绕组与输出绕组之间的中间导电零部件(例如:铁心)或谐振电路的 SMPS,中间导电零部件(或谐振电路)与输入绕组之间的绝缘或中间导电零部件(或谐振电路)与输出绕组之间的绝缘应至少由基本绝缘构成。

注:如果中间导电零部件(或谐振电路)与输入绕组、输出绕组或壳体间至少没有采用基本绝缘进行隔离,则可认为其与有关部件相连。

此外,还要符合下列要求:

——对于 I 类 SMPS,经过中间导电零部件(或谐振电路)的输入绕组与输出绕组之间的绝缘,至少由基本绝缘(与工作电压相对应)构成;

——对于 II 类 SMPS,经过中间导电零部件(或谐振电路)的输入绕组与壳体间及输出绕组与壳体间的绝缘,由双重绝缘或加强绝缘(与输入和输出电压相对应)构成。

19.1.2.4 输出电路的部件可以与保护接地连接。

19.1.2.5 输出电路与壳体间应无直接连接,但对配套用变压器,当与其相关的设备标准允许或满足 GB/T 19212.1—2016 的 19.8 时除外。不过,允许使用符合 19.8 的电容器。

通过目视检查来检验是否合格。

#### 19.1.3 内装隔离变压器和安全隔离变压器的 SMPS

19.1.3.1 输入电路与输出电路在电气上应彼此隔离。其结构应使这些电路之间不可能存在任何直接的或间接通过其他导电零部件的连接,但有意采取时除外。

通过目视检查和测量,同时考虑第 18 章、第 19 章和第 26 章的规定来检验是否合格。

19.1.3.2 输入绕组与输出绕组间的绝缘应由双重绝缘或加强绝缘(与工作电压相对应)构成,但满足 19.1.3.4 的要求时除外。

此外,还要符合下列要求:

——对于不预定要用插头连接到电网电源的 I 类变压器,其输入绕组与接地的壳体间的绝缘至少由基本绝缘(与输入电压相对应)构成;输出绕组与接地的壳体间的绝缘应至少由基本绝缘(与输出电压相对应)构成;

——对于预定要用插头连接到电网电源的 I 类变压器,其输入绕组与壳体间的绝缘至少由基本绝缘(与工作电压相对应)构成;输出绕组与壳体间的绝缘应至少由附加绝缘(与工作电压相对应)构成;

——对于 II 类变压器,输入绕组与壳体间的绝缘由双重绝缘或加强绝缘(与输入电压相对应)构成;输出绕组与壳体间的绝缘由双重绝缘或加强绝缘(与输出电压相对应)构成。

19.1.3.3 对带有不与壳体相连且位于输入绕组与输出绕组之间的中间导电零部件(例如:铁心)的变压器,下列要求适用:

19.1.3.3.1 对Ⅰ类和Ⅱ类变压器,输入绕组与输出绕组间经过中间导电零部件的绝缘,应由双重绝缘或加强绝缘(与工作电压相对应)构成;

——对于Ⅱ类变压器,输入绕组与壳体及输出绕组与壳体间经过中间导电零部件的绝缘,由双重绝缘或加强绝缘(与输入电压和输出电压相对应)构成,对于 SELV 电路,只要求基本绝缘;

——对非独立用变压器(IP00),输入绕组与输出绕组间经过中间导电零部件的绝缘,由双重绝缘或加强绝缘(与工作电压相对应)构成。

19.1.3.3.2 作为对 19.1.3.3.1 的替代,对于不预定用插头连接的Ⅰ类变压器和非独立用变压器(IP00),如果结构上保证所有的铁心片都接地(例如:通过锡焊/焊接),并且如果数据表或说明书上清楚地规定变压器的安全性取决于接地连接,而且不可能用于Ⅱ类设备,则以下要求适用:输入绕组与接地的中间导电零部件间的绝缘和输出绕组与接地的中间导电零部件间的绝缘应至少由基本绝缘(与输入电压和输出电压相对应)构成。

19.1.3.3.3 除 19.1.3.3.1 和 19.1.3.3.2 外,中间导电零部件与输入绕组间及中间导电零部件与输出绕组间的绝缘应至少由基本绝缘(与输入电压和输出电压相对应)构成。没有用至少为基本绝缘与输入绕组或输出绕组或壳体隔离的中间导电零部件,可认为是与有关部件相连。

注:用双重绝缘或加强绝缘与其中一个绕组隔离的中间金属部件,可认为是与另一个绕组相连。

19.1.3.4 对于不预定用插头连接到电网电源的Ⅰ类变压器,输入绕组与输出绕组间的绝缘可用基本绝缘加上保护屏蔽来替代双重绝缘或加强绝缘,但应符合下列条件:

——输入绕组与保护屏蔽之间的绝缘满足基本绝缘的要求(与输入电压相对应);

——输出绕组与保护屏蔽之间的绝缘满足基本绝缘的要求(与输出电压相对应);

——除非另有规定,保护屏蔽应由金属箔片或导线卷制成,屏蔽体至少延伸到一个输入绕组的总宽度,无空隙或空洞;

——当保护屏蔽不能覆盖输入绕组的总宽度时,要额外地使用粘带或类似材料,以便在该处构成双重绝缘;

——如果保护屏蔽是由金属箔片制成的,则各匝之间要彼此绝缘;如果只有一匝,则其绝缘搭接至少为 3 mm;

——用于绕制屏蔽的导线和保护屏蔽的引出线,其截面至少与过载保护装置的额定电流相匹配,以确保一旦绝缘发生击穿时,过载保护装置在引出线损坏前先将电路切断;

——引出线要焊接到保护屏蔽上或用同样可靠的其他方式固定在保护屏蔽上。

对通过任何类型(内装式或非内装式)插头连接到电网电源的变压器,用基本绝缘加上保护屏代替是不允许的。

注:本条所指的“绕组”不包括内部电路。

绕组结构示例见 GB/T 19212.1—2016 的附录 M。

19.1.3.5 输出电路与保护接地间应无连接,但对配套用变压器,当相关的设备标准允许时或满足 GB/T 19212.1—2016 中 19.8 时除外。

19.1.3.6 输出电路与壳体间应无直接连接,但对配套用变压器,当相关的设备标准允许时或满足 GB/T 19212.1—2016 中 19.8 时除外。

通过目视检查来检验是否合格。

19.1.3.7 对于内装隔离变压器和安全隔离变压器的 SMPS,供外部接线用的输入和输出端子应这样布置,使得在输入和输出端子上导体接入点间的测量距离不小于 25 mm。如果用隔板来保证该距离,则应跨过和绕过隔板进行测量,隔板应用绝缘材料制作并永久固定到变压器上。

通过检查和测量来检验是否合格,不考虑中间导电零部件。

19.1.3.8 额定输出不超过 630 VA 的移动式变压器应是Ⅱ类变压器。

19.1.3.9 输出电路与壳体之间应无连接,但对配套用变压器,当相关的设备标准允许时除外。

19.1.3.10 对通过插头连接到电网电源的任何类型(内装的或非内装的)变压器,用基本绝缘加上保护屏蔽替代是不允许的。

19.12.3 该条用下列内容代替:

在一个绝缘系统中提供基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘的绝缘绕组线,其绝缘导线(仅指可以试验的成品导线)应由多层压紧或螺旋缠绕,并通过附录 K 的试验。

用于导体的最少绝缘层数应符合下列要求:

- 基本绝缘:两层缠绕或一层压紧;
- 附加绝缘:两层缠绕或压紧;
- 加强绝缘:三层缠绕或压紧。

对于螺旋缠绕绝缘中缠绕层之间的爬电距离小于第 26 章中对于 1 类污染等级给出的值时,层间的路径应按 26.2.3 粘合密封在一起,试验 A 和在 K.2 型式试验的试验电压应提高到规定电压值的 1.35 倍。

注 1: 当一层材料缠绕的重叠大于 50% 时,可视为两层。

成品的部件应通过例行试验,介电强度应按照 18.3 的电压值的接近值进行试验。

通过以下检查和测量来检验是否合格,如果适用,则应满足附录 K 的规定,具体如下:

- a) 如果绕组线上的绝缘在绕制部件中用来提供基本绝缘或附加绝缘,则:
  - 1) 绝缘线(例如聚酰亚胺或类似绝缘性能的绝缘线)应符合附录 K 的要求;
  - 2) 对于附加绝缘,一根绝缘绕组线的绝缘应至少有两层;
  - 3) 对于基本绝缘,一根绝缘绕组线的绝缘应至少有一层;
  - 4) 绝缘线与漆包线之间应通过满足基本绝缘介电强度的机械分离绝缘件隔开。

注 2: 对于需要基本绝缘或附加绝缘的位置,如果使用三层绝缘和漆包线组合使用,则不要求附加的隔开绝缘(机械分离)。

- b) 如果绕组线上的绝缘在绕制部件中用来提供加强绝缘,则:
  - 1) 绝缘线(例如聚酰亚胺或相同性能的绝缘)应符合附录 K 的要求;
  - 2) 一根绝缘绕组线的绝缘应至少由三层绝缘组成;
  - 3) 绝缘应承受 18.3 中相关的介电强度试验。

如果绝缘绕组线是绕在:

- 1) 金属铁心或铁氧体磁心上;或
- 2) 漆包线上面;或
- 3) 漆包线下面。

则在绝缘线和铁心之间,或在绝缘线和漆包线之间,应提供满足基本绝缘的介电强度试验的机械分离绝缘。两个绕组不应互相接触并且两种导线不应触及铁心。

注 3: 本要求是考虑到施加在绝缘绕组线上的机械应力。

变压器制造方应提供声明,绕组线已承受 K.3 所规定的 100% 介电强度例行试验。

爬电距离和电气间隙的要求不适用于绝缘绕组线。

对于提供加强绝缘的绕组,不需要 GB/T 19212.1—2016 中表 13、表 C.1 和表 D.1 的 2) 项和 c) 项中的数值,在 26.106 的值也不要求。

通过检查零部件和绝缘线制造方的声明来检验是否合格。

该章增加下列条款:

19.12.101 使用全绝缘绕组线(FIW)的变压器,应只使用 F 级及以上绝缘等级。

19.12.102 全绝缘绕组线(FIW)应符合 GB/T 4074.5、IEC 60317-0-7:2012 和 IEC 60317-56 的要求。如果绝缘线除表 102 规定的标称直径外还有其他值,可以根据表 102 下面的公式(1)计算出最小的高电压强度:

——根据 19.1.2 用作变压器的基本绝缘或附加绝缘的 FIW 线：

- 根据变压器的工作电压,表 8a 中对于基本/附加绝缘要求的试验电压应与表 102 中 FIW 线的最小的电压强度相适应；
- 在基本绝缘 FIW 线与一个漆包线之间应使用机械分离绝缘。两绕组线应无相互的接触,机械分离绝缘应满足基本绝缘的高电压试验。FIW 线间的爬电距离和电气间隙不要求。

根据 19.1.3 用作变压器的双重绝缘或加强绝缘的 FIW 线：

- 根据变压器的工作电压,表 8a 中对于基本/附加绝缘要求的试验电压应与表 102 中 FIW 线的最小的电压强度相适应；一次和二次绕组应使用基本绝缘 FIW 线；
- 在两个基本绝缘 FIW 线之间应有机械分离绝缘。两绕组线应无相互的接触,机械分离绝缘应满足基本绝缘的高电压试验。FIW 线间的爬电距离和电气间隙不要求。

——具有加强绝缘的 FIW 线可替代结构：

- 根据变压器的工作电压,表 8a 中对于加强绝缘要求的试验电压应与表 102 中 FIW 线的最小电压强度相适应；
- 在加强绝缘 FIW 线与漆包线之间应有机械分离绝缘,两绕组线应无相互的接触,机械分离绝缘应满足基本绝缘的高电压试验。FIW 线间的爬电距离和电气间隙不要求。

——根据 19.1.3 用双重绝缘或加强绝缘替代变压器基本绝缘或附加绝缘的采用 FIW 线的替代结构：

- 根据变压器的工作电压,表 8a 中对于基本/附加绝缘要求的试验电压应与表 102 中 FIW 线基本绝缘的最小电压强度相适应。一次和二次绕组应使用基本绝缘 FIW 线。其他绕组可以使用漆包线。
- 在基本绝缘 FIW 线和漆包线之间应有满足工作电压要求的附加绝缘。FIW 线与漆包线之间的爬电距离和电气间隙应满足附加绝缘的要求。

——如果 FIW 线是绕在金属铁心或铁氧体磁心上,则应在 FIW 线与铁心间提供满足基本绝缘的介电强度试验的机械分离绝缘。FIW 线和漆包线(如有)不应触及金属铁心或铁氧体磁心。

表 102 根据漆包层增加的 FIW 线最大外径值和最小试验电压值

FIW 直径对应试验电压的计算： $(\text{外径} - \text{铜直径}) / 2 = \text{绝缘厚度} (\mu\text{m})$   
 绝缘厚度  $(\mu\text{m}) \times \text{电压强度} / \mu\text{m} = \text{FIW 设计的最小电压强度}$

标称 FIW 铜直径 mm	IEC 60317-0-7: 2012 中表 7 的值 V/ $\mu\text{m}$	包括绝缘的 FIW 最大外径									在 FIW 线上基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘的电压强度								
		FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9	FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9				
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	V	V	V	V	V	V	
0.04	56	0.058	0.069	0.079	0.089	0.099	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	504	812	1 092	1 372	1 652	1 932	1 932
0.045	56	0.066	0.078	0.089	0.100	0.111	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122	588	924	1 232	1 540	1 848	2 156	2 156
0.05	56	0.072	0.083	0.094	0.105	0.116	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	616	924	1 232	1 540	1 848	2 156	2 156
0.056	56	0.081	0.092	0.104	0.116	0.128	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	700	1 008	1 344	1 680	2 016	2 352	2 352
0.063	56	0.090	0.102	0.115	0.128	0.141	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	756	1 092	1 456	1 820	2 184	2 548	2 548
0.071	56	0.098	0.110	0.123	0.136	0.149	0.162	0.162	0.162	0.162	0.162	0.162	756	1 092	1 456	1 820	2 184	2 548	2 548
0.08	56	0.108	0.122	0.136	0.150	0.164	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	784	1 176	1 568	1 960	2 352	2 744	3 136
0.09	56	0.120	0.134	0.148	0.162	0.176	0.190	0.190	0.190	0.190	0.190	0.190	840	1 232	1 624	2 016	2 408	2 800	3 192
0.1	56	0.132	0.148	0.164	0.180	0.196	0.212	0.212	0.212	0.212	0.212	0.212	896	1 344	1 792	2 240	2 688	3 136	3 584
0.112	53	0.147	0.164	0.181	0.198	0.215	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	0.232	928	1 378	1 829	2 279	2 730	3 180	3 631
0.125	53	0.163	0.181	0.199	0.217	0.235	0.253	0.253	0.253	0.253	0.253	0.253	1 007	1 484	1 961	2 438	2 915	3 392	3 869
0.14	53	0.181	0.201	0.221	0.241	0.261	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	0.281	1 087	1 617	2 147	2 677	3 207	3 737	4 267
0.16	53	0.205	0.227	0.249	0.271	0.293	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	1 193	1 776	2 359	2 942	3 525	4 108	4 691
0.18	53	0.229	0.253	0.277	0.301	0.325	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	1 299	1 935	2 571	3 207	3 843	4 479	5 115
0.2	53	0.252	0.277	0.302	0.327	0.352	0.377	0.377	0.377	0.377	0.377	0.377	1 378	2 041	2 703	3 366	4 028	4 691	5 353
0.224	53	0.280	0.307	0.334	0.361	0.388	0.415	0.415	0.415	0.415	0.415	0.415	1 484	2 200	2 915	3 631	4 346	5 062	5 777

表 102 (续)

标称 FIW 铜直径	IEC 60317-0-7: 2012 中表 7 的值	包括绝缘的 FIW 最大外径									在 FIW 线上基本绝缘、附加绝缘或加强绝缘的电压强度								
		FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9	FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9				
mm	V/ $\mu$ m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	V	V	V	V	V	V	
0.25	53	0.312	0.342	0.372	0.402	0.432	0.462	0.492	0.531	0.570	0.614	0.653	1 643	2 438	3 233	4 028	4 823	5 618	6 413
0.28	53	0.345	0.376	0.407	0.438	0.469	0.500	0.531	0.570	0.614	0.653	1 723	2 544	3 366	4 187	5 009	5 830	6 652	
0.315	53	0.384	0.415	0.446	0.477	0.508	0.539	0.570	0.614	0.653	0.688	1 829	2 650	3 472	4 293	5 115	5 936	6 758	
0.355	49	0.428	0.459	0.490	0.521	0.552	0.583	0.614	0.653	0.688	0.721	1 789	2 548	3 308	4 067	4 827	5 586	6 346	
0.4	49	0.478	0.509	0.540	0.571	0.602	0.633	0.664	0.695	0.726	0.757	1 911	2 671	3 430	4 190	4 949	5 709		
0.45	49	0.533	0.564	0.595	0.626	0.657	0.688	0.719	0.750	0.781	0.812	2 034	2 793	3 553	4 312	5 072			
0.5	49	0.587	0.628	0.669	0.710	0.751	0.792	0.833	0.874	0.915	0.956	2 132	3 136	4 141	5 145	6 150			
0.56	37	0.653	0.694	0.735	0.776	0.817	0.858	0.899	0.940	0.981	1 022	1 721	2 479	3 237	3 996	4 755			
0.63	37	0.728	0.769	0.810	0.851	0.892	0.933	0.974	1.015	1.056	1 097	1 813	2 572	3 330	4 089	4 847			
0.71	37	0.814	0.855	0.896	0.937	0.978	1.019	1.060	1.101	1.142	1 183	1 924	2 683	3 441	4 200	4 958			
0.8	37	0.911	0.962	1.013	1.064	1.115	1.166	1.217	1.268	1.319	1 360	2 054	2 997	3 941	4 884				
0.9	37	1.018	1.069	1.120	1.171	1.222	1.273	1.324	1.375	1.426	1 477	2 183	3 127	4 070	5 014				
1	37	1.124	1.175	1.226	1.277	1.328	1.379	1.430	1.481	1.532	1 583	2 294	3 238	4 181	5 125				
1.12	33	1.248	1.309	1.370	1.431	1.492	1.553	1.614	1.675	1.736	1 797	2 112	3 119	4 125					
1.25	33	1.381	1.442	1.503	1.564	1.625	1.686	1.747	1.808	1.869	1 930	2 162	3 168	4 175					
1.4	33	1.535	1.596	1.657	1.718	1.779	1.840	1.901	1.962	2 023	2 228	3 234	4 241						
1.6	33	1.740	1.801	1.862	1.923	1.984	2 045	2 106	2 167	2 228	2 310	3 317	4 323						

对于表 102 中规定值之外的其他 FIW 尺寸所允许的电压强度值根据式(1)计算得出:

$$V = \frac{d_a - d_{cu}}{2} \times U \times 10^3 \dots\dots\dots(1)$$

式中:

V ——FIW 线允许的电压强度,单位为伏(V);

$d_a$  ——最大的外径尺寸,单位为毫米(mm);

$d_{cu}$  ——铜的标称直径,单位为毫米(mm);

U ——根据 IEC 60317-0-7:2012 中表 7(见第 2 列)的电压值,单位为伏每微米(V/ $\mu$ m)。

基于 IEC 60317-0-7:2012 中表 7 的漆包层增加的较高电压值正在考虑中。

## 20 元器件

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

## 21 内部布线

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

## 22 电源连接和其他外部软电缆或软线

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

## 23 外部导线接线端子

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

## 24 保护接地装置

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

## 25 螺钉和连接

GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

## 26 爬电距离、电气间隙和贯通绝缘距离

除下列规定外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

该章增加下列内容:

通过 GB/T 19212.1—2016 中 H.3 的试验和以下要求来检验是否合格。

**26.101** GB/T 19212.1—2016 中表 13、表 C.1 和表 D.1 规定的爬电距离、电气间隙和贯通绝缘距离一般情况下适用。

**26.102** 按照 GB/T 16935.4—2011 的要求,以下要求适用于频率高于 30 kHz 的情况。GB/T 16935.4—2011 中规定的是频率不大于 3 MHz 时的爬电距离、电气间隙和贯通绝缘距离。如果本部分中将使用高于 3 MHz 的频率,则要求进行 GB/T 16935.4—2011 中第 7 章的试验 高频试验(高频高压和高频局

部放电试验)。

26.103 电气间隙如下:

- a) 频率大于 30 kHz 时需要电气间隙的两种确定值(见图 102 给出的原则):
- 1) 根据测得的峰值工作电压按表 105,对近似均匀电场条件选择按表 103 来确定;
  - 2) 根据测得的方均根值工作电压,按 GB/T 19212.1—2016 的表 13、表 C.1 和表 D.1 来确定。

最小电气间隙为上述两个值中的较大者。

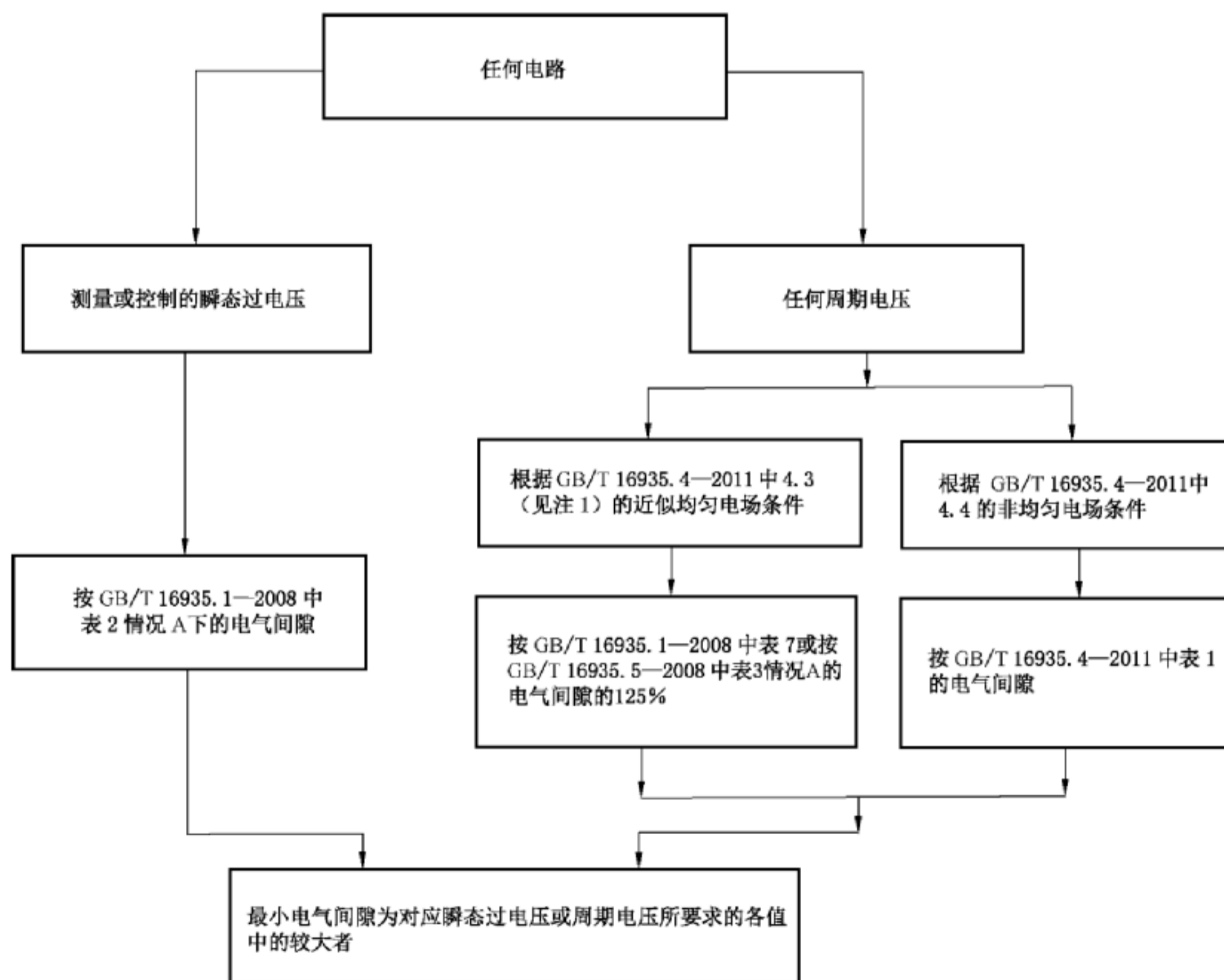
- b) 频率不大于 30 kHz 时需要电气间隙的两种确定值(见图 102 给出的原则):

- 1) 根据测得的带重复峰值电压的峰值工作电压,按表 104 来确定;
- 2) 根据测得的方均根值工作电压,按 GB/T 19212.1—2016 中表 13、表 C.1 和表 D.1 来确定。

最小电气间隙为上述两个值中的较大者。

图 102 和图 103 表明了影响绝缘配合用电气间隙和爬电距离尺寸的各因素之间的关系。这两个图突出主要的因素,而不是要代替对相关条款的全面查阅。特别是这两图并未考虑均匀电场的情况(GB/T 16935.1—2008 中情况 B 的数值)、对频率介于  $f_{crit}$  和  $f_{min}$  之间更精确地确定的电气间隙的尺寸及为避免用高频电压进行试验而确定的固体绝缘尺寸。

应注意确定电气间隙和爬电距离尺寸的步骤是独立的。因此,只要电气间隙和爬电距离同时通过同一个绝缘表面,就应使用较大的电气间隙或爬电距离。

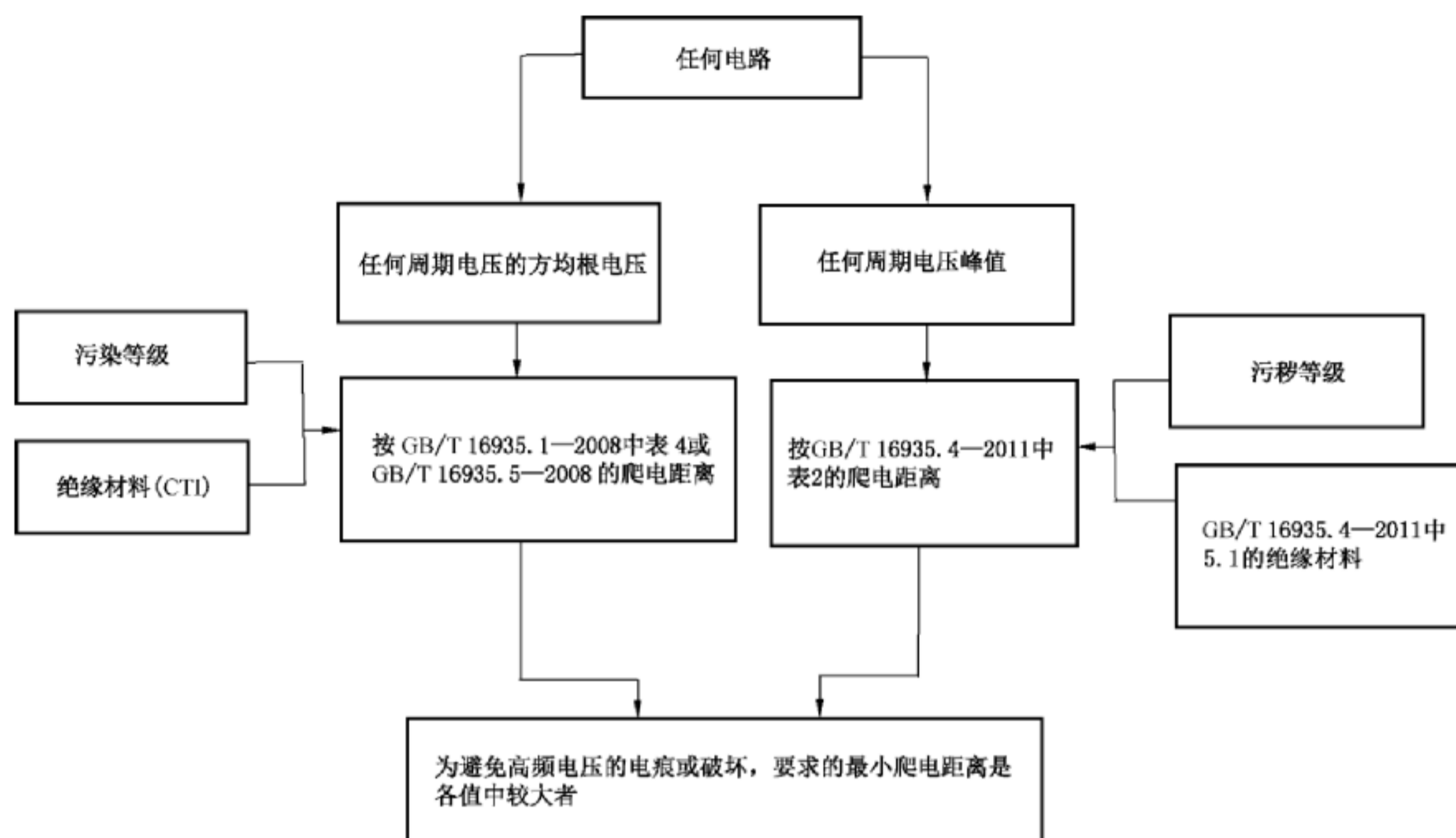


注 1: 对超过 30 kHz 的频率,当导电部件的曲率半径等于或大于电气间隙的 20% 时,可认为存在一个近似均匀的电场。所需的曲率半径仅在确定尺寸步骤的最后才规定。

注 2: 本图源自 GB/T 16935.4—2011 中附录 F。

图 102 电气间隙尺寸确定图





注：本图源自 GB/T 16935.4—2011 中附录 F。

图 103 爬电距离尺寸确定图

表 103 GB/T 16935.4—2011 中 4.3 规定的近似均匀电场条件下频率大于 30 kHz 时的电气间隙值

工作电压(峰值) V	近似均匀电场的电气间隙	
	基本绝缘 mm	双重绝缘或加强绝缘 mm
330	0.02	0.03
400	0.04	0.06
500	0.07	0.11
600	0.1	0.16
800	0.15	0.33
1 000	0.2	0.45
1 200	0.3	0.57
1 500	0.43	0.8
2 000	0.6	1.2
2 500	0.86	1.5
3 000	1.1	2.0
4 000	1.5	3.0
5 000	2.1	3.5
6 000	3.1	4.5
8 000	3.5	6.0

注：表中的值是以 GB/T 16935.1—2008 中表 7a 为依据(表 7a 中峰值电压的 125%)。双重绝缘或加强绝缘的值按 GB/T 16935.1—2008 用 1.6 倍峰值耐受电压系数计算。

如果表 103 中确定的电气间隙值低于 GB/T 19212.1—2016 中表 13(GB/T 16935.1—2008 中表 F.2) 要求的值,则 GB/T 19212.1—2016 中的值适用。

当导电部件的曲率半径等于或大于电气间隙的 20%,则可认为存在一个近似均匀的电场。

表 104 频率不大于 30 kHz 时 SMPS 一次侧电路产生暂态过电压或重复峰值电压的电气间隙值

电压(峰值) V	非均匀电场的电气间隙	
	基本绝缘 mm	双重绝缘或加强绝缘 mm
330	0.01	0.04
400	0.02	0.07
500	0.04	0.13
600	0.06	0.2
800	0.13	0.5
1 000	0.26	0.87
1 200	0.42	1.18
1 500	0.76	1.7
2 000	1.27	2.7
2 500	1.8	3.8
3 000	2.4	5.4
4 000	3.8	8.5
5 000	5.7	11
6 000	7.9	14.4
8 000	11.0	20.6

注:表 104 的值是以 GB/T 16935.1—2008 中表 7a 为依据。双重绝缘或加强绝缘的值按 GB/T 16935.1—2008 用 1.6 倍峰值耐受电压系数计算。

如果表 104 中确定的电气间隙值低于 GB/T 19212.1—2016 中表 13(GB/T 16935.1—2008 中表 F.2) 要求的值,则要求使用 GB/T 19212.1—2016 中的值。

表 105 频率大于 30 kHz 时非均匀电场条件下空气中电气间隙的最小值

工作电压 $U_{peak}/kV$	基本绝缘或附加绝缘电气间隙 mm	双重绝缘或加强绝缘电气间隙 mm
$\leq 0.6$	0.06	0.12
0.8	0.18	0.36
1.0	0.5	1.0
1.2	1.4	2.8
1.4	2.35	4.7
1.6	4.0	8.0

表 105 (续)

工作电压 $U_{\text{peak}}/\text{kV}$	基本绝缘或附加绝缘电气间隙 mm	双重绝缘或加强绝缘电气间隙 mm
1.8	6.7	13.4
2.0	11	22.0

注：表 105 的值是以 GB/T 16935.4—2011 中表 1 为依据。双重绝缘或加强绝缘值是基本绝缘数值的两倍。

允许使用内插法。

如果表 105 中确定的电气间隙值低于 GB/T 19212.1—2016 中表 13 (GB/T 16935.1—2008 中表 F.2) 要求的值,则要求使用 GB/T 19212.1—2016 中的值。

26.104 表 103、表 104 和表 105 中用于确定电气间隙的工作电压均为峰值。

所有的峰值电压(包括如果有  $\mu\text{s}$  级尖峰)都应按表 103~表 105 确定。

测得的方均根值电压应按 GB/T 19212.1—2016 中表 13 (GB/T 16935.1—2008 中表 F.2) 来确定。如果结构满足 GB/T 16935.4—2011 中 4.3 对近似均匀电场条件的要求,则表 103 的值适用 (GB/T 16935.1—2008 中表 7 值的 125%)。

26.105 需要爬电距离的两种确定值(见图 103 给出的原则):

——根据测得的峰值工作电压,按表 106 至表 111 来确定;

——根据测得的方均根值,按 GB/T 19212.1—2016 中表 13、表 C.1 和表 D.1 来确定。

表 106~表 111 的值没有考虑频率高于 30 kHz 时电痕化现象的影响。所有的尖峰都包含在工作电压的峰值中。因此,如果本部分表 106~表 111 中频率高于 30 kHz 的值低于 GB/T 19212.1—2016 中表 13、表 C.1 或表 D.1 中相应的值,则较高的值适用。

表 106 基本绝缘或附加绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 1)

工作电压 $U_{\text{peak}}/\text{kV}^a$	爬电距离 mm												
	$30 \text{ kHz} < f < 100 \text{ kHz}$	$f < 150 \text{ kHz}$	$f < 200 \text{ kHz}$	$f < 300 \text{ kHz}$	$f < 400 \text{ kHz}$	$f < 500 \text{ kHz}$	$f < 600 \text{ kHz}$	$f < 700 \text{ kHz}$	$f < 800 \text{ kHz}$	$f < 900 \text{ kHz}$	$f < 1 \text{ MHz}$	$f < 2 \text{ MHz}$	$f < 3 \text{ MHz}$
0.1	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30
0.2	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.15	2.80
0.3	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.80	20.00
0.4	0.13	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.24	0.30	0.35	4.50	—
0.5	0.18	0.19	0.19	0.22	0.25	0.30	0.35	0.40	0.77	1.13	1.50	20.00	—
0.6	0.27	0.27	0.27	0.34	0.40	0.55	0.70	0.85	2.23	3.62	5.00	—	—
0.7	0.36	0.37	0.38	0.53	0.68	1.09	1.49	1.90	7.93	13.97	20.00	—	—
0.8	0.45	0.50	0.55	0.83	1.10	2.00	2.90	3.80	—	—	—	—	—
0.9	0.53	0.67	0.82	1.36	1.90	4.17	6.43	8.70	—	—	—	—	—
1.0	0.60	0.88	1.15	2.08	3.00	8.00	13.00	18.00	—	—	—	—	—
1.1	0.68	1.19	1.70	3.35	5.00	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	0.85	1.63	2.40	5.30	8.20	—	—	—	—	—	—	—	—
1.3	1.20	2.35	3.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.4	1.65	3.33	5.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	2.30	4.80	7.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6	3.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.7	4.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8	6.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> 此栏中的电压是高频电压的最高峰值电压。此电压在额定电源电压和正常运行时可能发生在输入电路与输出电路间的绝缘两端。为测量此电压,输出电路要接地。暂态值已包括在内。

允许使用内插法。

如果爬电距离的值小于电气间隙的值,则电气间隙的值适用于爬电距离。

峰值工作电压包括了小的尖峰,见 26.105。以方均根值为依据的测量也应进行,见 26.104 和表 106。

表中的“—”表示此频率下的爬电距离未规定。这些值正在考虑中。

表 107 基本绝缘或附加绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 2)

工作电压 $U_{\text{peak}}/\text{kV}^a$	爬电距离 mm													
	$30 \text{ kHz} < f < 100 \text{ kHz}$	$f < 150 \text{ kHz}$	$f < 200 \text{ kHz}$	$f < 300 \text{ kHz}$	$f < 400 \text{ kHz}$	$f < 500 \text{ kHz}$	$f < 600 \text{ kHz}$	$f < 700 \text{ kHz}$	$f < 800 \text{ kHz}$	$f < 900 \text{ kHz}$	$f < 1 \text{ MHz}$	$f < 2 \text{ MHz}$	$f < 3 \text{ MHz}$	
0.1	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.36
0.2	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.18	—	3.36
0.3	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.96	—	24.00
0.4	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.20	0.21	0.23	0.29	0.36	0.42	5.40	—	—
0.5	0.22	0.22	0.23	0.26	0.30	0.36	0.42	0.48	0.92	1.36	1.80	24.00	—	—
0.6	0.32	0.32	0.32	0.40	0.48	0.66	0.84	1.02	2.68	4.34	6.00	—	—	—
0.7	0.43	0.44	0.46	0.64	0.82	1.30	1.79	2.28	9.52	16.76	24.00	—	—	—
0.8	0.54	0.60	0.66	0.99	1.32	2.40	3.48	4.56	—	—	—	—	—	—
0.9	0.63	0.81	0.98	1.63	2.28	5.00	7.72	10.44	—	—	—	—	—	—
1.0	0.72	1.05	1.38	2.49	3.60	9.60	15.60	21.60	—	—	—	—	—	—
1.1	0.82	1.43	2.04	4.02	6.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	1.02	1.95	2.88	6.36	9.84	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.3	1.44	2.82	4.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.4	1.98	3.99	6.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	2.76	5.76	8.76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6	3.78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.7	5.28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8	7.32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> 此栏中的电压是高频电压的最高峰值电压。此电压在额定电源电压和正常运行时可能发生在输入电路与输出电路的绝缘两端。为测量此电压,输出电路要接地。暂态值已包括在内。

允许使用内插法。

如果爬电距离的值小于电气间隙的值,则电气间隙的值适用于爬电距离。

峰值工作电压包括了小的尖峰,见 26.105。以方均根值为依据的测量也应进行,见 26.104 和表 106。

表中的“—”表示此频率下的爬电距离未规定。这些值正在考虑中。

表 108 基本绝缘或附加绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 3)

工作电压 $U_{\text{peak}}/\text{kV}^a$	爬电距离 mm												
	$30 \text{ kHz} < f < 100 \text{ kHz}$	$f < 150 \text{ kHz}$	$f < 200 \text{ kHz}$	$f < 300 \text{ kHz}$	$f < 400 \text{ kHz}$	$f < 500 \text{ kHz}$	$f < 600 \text{ kHz}$	$f < 700 \text{ kHz}$	$f < 800 \text{ kHz}$	$f < 900 \text{ kHz}$	$f < 1 \text{ MHz}$	$f < 2 \text{ MHz}$	$f < 3 \text{ MHz}$
0.1	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.42
0.2	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.21	3.92
0.3	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	1.12	28.00
0.4	0.18	0.18	0.18	0.20	0.21	0.23	0.25	0.27	0.34	0.42	0.49	6.30	—
0.5	0.26	0.26	0.27	0.31	0.35	0.42	0.49	0.56	1.07	1.59	2.10	28.00	—
0.6	0.37	0.38	0.38	0.47	0.56	0.77	0.98	1.19	3.13	5.06	7.00	—	—
0.7	0.50	0.52	0.53	0.74	0.95	1.52	2.09	2.66	11.11	19.55	28.00	—	—
0.8	0.63	0.70	0.77	1.16	1.54	2.80	4.06	5.32	—	—	—	—	—
0.9	0.74	0.94	1.15	1.90	2.66	5.83	9.01	12.18	—	—	—	—	—
1.0	0.84	1.23	1.61	2.91	4.20	11.20	18.20	25.20	—	—	—	—	—
1.1	0.96	1.67	2.38	4.69	7.00	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	1.19	2.28	3.36	7.42	11.48	—	—	—	—	—	—	—	—
1.3	1.68	3.29	4.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.4	2.31	4.66	7.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	3.22	6.72	10.22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6	4.41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.7	6.16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8	8.54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> 此栏中的电压是高频电压的最高峰值电压。此电压在额定电源电压和正常运行时可能发生在输入电路与输出电路的绝缘两端。为测量此电压,输出电路要接地。暂态值已包括在内。

允许使用内插法。

如果爬电距离的值小于电气间隙的值,则电气间隙的值适用于爬电距离。

峰值工作电压包括了小的尖峰,见 26.105。以方均根值为依据的测量也应进行,见 26.104 和表 106。

表中的“—”表示此频率下的爬电距离未规定。这些值正在考虑中。

表 109 双重绝缘或加强绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 1)

工作电压 $U_{\text{peak}}/\text{kV}^a$	爬电距离 mm													
	$30 \text{ kHz} < f < 100 \text{ kHz}$	$f < 150 \text{ kHz}$	$f < 200 \text{ kHz}$	$f < 300 \text{ kHz}$	$f < 400 \text{ kHz}$	$f < 500 \text{ kHz}$	$f < 600 \text{ kHz}$	$f < 700 \text{ kHz}$	$f < 800 \text{ kHz}$	$f < 900 \text{ kHz}$	$f < 1 \text{ MHz}$	$f < 2 \text{ MHz}$	$f < 3 \text{ MHz}$	
0.1	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.60
0.2	0.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.60
0.3	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	1.60	40.00
0.4	0.25	0.26	0.26	0.28	0.30	0.33	0.35	0.38	0.49	0.59	0.70	9.00	—	—
0.5	0.37	0.37	0.38	0.44	0.50	0.60	0.70	0.80	1.53	2.27	3.00	40.00	—	—
0.6	0.53	0.54	0.54	0.67	0.80	1.10	1.40	1.70	4.47	7.23	10.00	—	—	—
0.7	0.72	0.74	0.76	1.06	1.36	2.17	2.99	3.80	15.87	27.93	40.00	—	—	—
0.8	0.90	1.00	1.10	1.65	2.20	4.00	5.80	7.60	—	—	—	—	—	—
0.9	1.05	1.35	1.64	2.72	3.80	8.33	12.87	17.40	—	—	—	—	—	—
1.0	1.20	1.75	2.30	4.15	6.00	16.00	26.00	36.00	—	—	—	—	—	—
1.1	1.37	2.38	3.40	6.70	10.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	1.70	3.25	4.80	10.60	16.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.3	2.40	4.70	7.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.4	3.30	6.65	10.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	4.60	9.60	14.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6	6.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.7	8.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8	12.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> 此栏中的电压是高频电压的最高峰值电压。此电压在额定电源电压和正常运行时可能发生在输入电路与输出电路间的绝缘两端。为测量此电压,输出电路要接地。暂态值已包括在内。

允许使用内插法。

如果爬电距离的值小于电气间隙的值,则电气间隙的值适用于爬电距离。

峰值工作电压包括了小的尖峰,见 26.105。以方均根值为依据的测量也应进行,见 26.104 和表 106。

表中的“—”表示此频率下的爬电距离未规定。这些值正在考虑中。

表 110 双重绝缘或加强绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 2)

工作电压 $U_{peak}/kV^a$	爬电距离 mm												
	$30\text{ kHz} < f < 100\text{ kHz}$	$f < 150\text{ kHz}$	$f < 200\text{ kHz}$	$f < 300\text{ kHz}$	$f < 400\text{ kHz}$	$f < 500\text{ kHz}$	$f < 600\text{ kHz}$	$f < 700\text{ kHz}$	$f < 800\text{ kHz}$	$f < 900\text{ kHz}$	$f < 1\text{ MHz}$	$f < 2\text{ MHz}$	$f < 3\text{ MHz}$
0.1	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.72
0.2	0.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.36	6.72
0.3	0.20	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	1.92	48.00
0.4	0.30	0.31	0.31	0.34	0.36	0.39	0.42	0.46	0.58	0.71	0.84	10.80	—
0.5	0.44	0.45	0.46	0.53	0.60	0.72	0.84	0.96	1.84	2.72	3.60	48.00	—
0.6	0.64	0.64	0.65	0.80	0.96	1.32	1.68	2.04	5.36	8.68	12.00	—	—
0.7	0.86	0.89	0.91	1.27	1.63	2.61	3.58	4.56	19.04	33.52	48.00	—	—
0.8	1.08	1.20	1.32	1.98	2.64	4.80	6.96	9.12	—	—	—	—	—
0.9	1.26	1.61	1.97	3.26	4.56	10.00	15.44	20.88	—	—	—	—	—
1.0	1.44	2.10	2.76	4.98	7.20	19.20	31.20	43.20	—	—	—	—	—
1.1	1.64	2.86	4.08	8.04	12.00	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	2.04	3.90	5.76	12.72	19.68	—	—	—	—	—	—	—	—
1.3	2.88	5.64	8.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.4	3.96	7.98	12.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	5.52	11.52	17.52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6	7.56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.7	10.56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8	14.64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> 此栏中的电压是高频电压的最高峰值电压。此电压在额定电源电压和正常运行时可能发生在输入电路与输出电路间的绝缘两端。为测量此电压,输出电路要接地。暂态值已包括在内。

允许使用内插法。

如果爬电距离的值小于电气间隙的值,则电气间隙的值适用于爬电距离。

峰值工作电压包括了小的尖峰,见 26.105。以方均根值为依据的测量也应进行,见 26.104 和表 106。

表中的“—”表示此频率下的爬电距离未规定。这些值正在考虑中。



表 111 双重绝缘或加强绝缘——不同频率范围爬电距离的最小值(污染等级 3)

工作电压 $U_{peak}/kV^a$	爬电距离 mm												
	$30\text{ kHz} < f < 100\text{ kHz}$	$f < 150\text{ kHz}$	$f < 200\text{ kHz}$	$f < 300\text{ kHz}$	$f < 400\text{ kHz}$	$f < 500\text{ kHz}$	$f < 600\text{ kHz}$	$f < 700\text{ kHz}$	$f < 800\text{ kHz}$	$f < 900\text{ kHz}$	$f < 1\text{ MHz}$	$f < 2\text{ MHz}$	$f < 3\text{ MHz}$
0.1	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.84
0.2	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.42	7.84
0.3	0.23	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	2.24	56.00
0.4	0.35	0.36	0.36	0.39	0.42	0.46	0.49	0.53	0.68	0.83	0.98	12.60	—
0.5	0.51	0.52	0.53	0.62	0.70	0.84	0.98	1.12	2.15	3.17	4.20	56.00	—
0.6	0.75	0.75	0.76	0.94	1.12	1.54	1.96	2.38	6.25	10.13	14.00	—	—
0.7	1.00	1.03	1.06	1.48	1.90	3.04	4.18	5.32	22.21	39.11	56.00	—	—
0.8	1.26	1.40	1.54	2.31	3.08	5.60	8.12	10.64	—	—	—	—	—
0.9	1.47	1.88	2.30	3.81	5.32	11.67	18.01	24.36	—	—	—	—	—
1.0	1.68	2.45	3.22	5.81	8.40	22.40	36.40	50.40	—	—	—	—	—
1.1	1.91	3.34	4.76	9.38	14.00	—	—	—	—	—	—	—	—
1.2	2.38	4.55	6.72	14.84	22.96	—	—	—	—	—	—	—	—
1.3	3.36	6.58	9.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.4	4.62	9.31	14.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	6.44	13.44	20.44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6	8.82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.7	12.32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.8	17.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> 此栏中的电压是高频电压的最高峰值电压。此电压在额定电源电压和正常运行时可能发生在输入电路与输出电路间的绝缘两端。为测量此电压,输出电路要接地。暂态值已包括在内。

允许使用内插法。

如果爬电距离的值小于电气间隙的值,则电气间隙的值适用于爬电距离。

峰值工作电压包括了小的尖峰,见 26.105。以方均根值为依据的测量也应进行,见 26.104 和表 106。

表中的“—”表示此频率下的爬电距离未规定。这些值正在考虑中。

26.106 为了替代高频电压的局部放电试验(PD 试验),对要试验的贯通绝缘距离可以通过计算电场强度并确保其低于下列限值来检验。只有满足下列条件时才可使用此方法:

- 最高频率低于 10 MHz;
- 电场强度近似相同,且不高于图 104 中规定的值;
- 固体绝缘内无气泡或间隙。

注 1: 本条的下列内容和图表源自 GB/T 16935.4 2011 中 6.3。

对于  $d_1 \geq 0.75$  mm 的厚层固体绝缘,电场强度 E 的峰值不应大于 2 kV/mm 限值。

对于  $d_2 \leq 30$  μm 的薄层固体绝缘,电场强度的峰值不应大于 10 kV/mm 限值。

对于  $d_1 > d > d_2$ ,根据厚度 d(也可见图 104)可以使用式(2)计算电场强度的峰值。计算出来的电场强度 E 不应大于图 104 给出的限值。

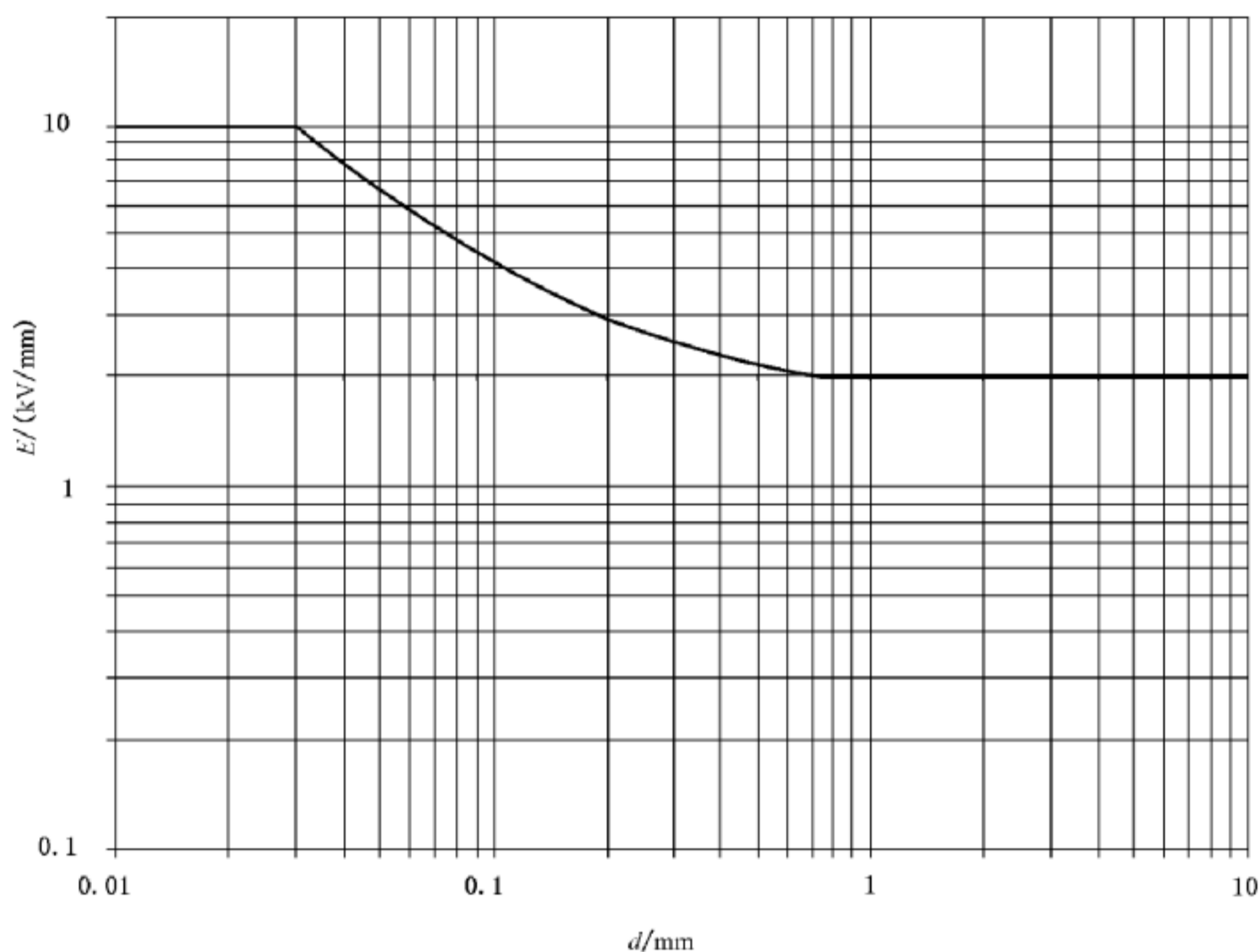
$$E = \frac{0.25}{d} + 1.667 \dots\dots\dots(2)$$

式中:

E ——电场强度,单位为千伏每毫米(kV/mm);

d ——贯通绝缘距离,单位为毫米(mm)。

注 2: 本部分中,如果电场强度与平均电场强度相比,偏差低于±20%,则认为电场强度近似相同。



说明:

E 介电强度。

用电场强度确定固体绝缘的尺寸要求电场分配近似相同,其绝缘内部或绝缘之间无气泡或间隙。如果电场强度不能计算(因为电场不相同),或者如果峰值分别比用式(2)计算出的值或图 104 中的值高,或者如果存在不能忽略的中断或空气间隙,或者是对高于 10 MHz 的较高频率,则需要用高频电压进行一次耐压试验或局部放电试验。根据 GB/T 19212.1—2016 中 5.3.2.2,前者适用于施加短时应力,后者适用于施加长时应力。

图 104 按式(2)确定固体绝缘尺寸的允许电场强度

26.107 对于具有 FIW 线的变压器要求进行下列试验:

对成品变压器的 FIW 线进行试验,应使用三个试样。

试样应按下列顺序承受 10 次温度循环:

——在正常使用时测得的最高绕组温度 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 基础上再加 10 K,但至少要在  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  下,68 h;

——在  $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  下,1 h;

    在  $0\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  下,2 h;

    在  $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  下,1 h。

在每一次热循环试验期间,在绕组之间施加 50 Hz 或 60 Hz、两倍工作电压值的电压,减小值适用。

然后对三个试样中的两个试样进行 17.2 的受潮处理(处理 48 h)和 18.3 的相关介电强度试验。

三个试样中的一个应在热循环试验中最后一次循环下的最高温度期间结束后,立即进行 18.3 的相关介电强度试验。

## 27 耐热、耐燃和耐电痕化

除下列规定外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用:

27.2 不适用。

## 28 防锈

除下列规定外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

局部放电试验应在循环试验结束时,在正常室温下按 18.101 进行。

附 录

除下列附录外,GB/T 19212.1—2016 的附录适用。

**附 录 K**  
**(规范性附录)**  
**绝缘绕组线**

GB/T 19212.1—2016 的该附录用下列内容代替：

**K.1 总则**

本附录规定了可能在绕制件中提供基本绝缘、附加绝缘、双重绝缘或加强绝缘的绕组线的绝缘要求。对于结构的详细说明，见 19.12.3。

本附录适用于直径在 0.05 mm~5 mm 之间的圆形绕组线和绞合绕组线，以及相当于截面积 (0.002 mm<sup>2</sup>~19.6 mm<sup>2</sup>) 的方形和矩形绕组线。

如导线以螺旋缠绕的两层或多层绝缘带进行绝缘。搭接的宽度应足够，以便在制作绕组绕制件时能确保连续搭接。螺旋缠绕导线的绝缘层应充足以确保足够的搭接。

**K.2 型式试验**

**K.2.1 总则**

绕组线应能通过下列型式试验，在 15 °C~35 °C 的温度，25%~75% 相对湿度之间进行，另有规定时除外。

**K.2.2 介电强度**

**K.2.2.1 圆形绕组线和绞合绕组线**

试样按照 IEC 60851-5:2008 中 4.4.1 进行制备(扭绞成线对)。然后对试样进行本部分 18.3 的介电强度试验，最小试验电压为：

- 对于加强绝缘，为 6 kV(r.m.s)，或；
- 对于基本绝缘或附加绝缘，为 3 kV(r.m.s)。

**K.2.2.2 方形或矩形导线**

试样按照 IEC 60851-5:2008 中 4.7.1 进行制备(被金属球覆盖的单芯导线)。然后对试样进行本部分 18.3 的介电强度试验，试验电压最小为：

- 对于加强绝缘，为 5.5 kV(r.m.s)，或；
- 对于基本绝缘或附加绝缘，为 2.75 kV(r.m.s)。

**K.2.3 柔韧性和附着性**

应按照 IEC 60851-3:2009 中 5.1(试验 8)进行试验，使用表 K.1 的卷轴直径。在导线和卷轴间施加试验电压。

然后按照 IEC 60851-3:2009 中 5.1.1.4 对试样进行检验，随后按照本部分的 18.3 进行介电强度试验，最小试验电压为：

- 对于加强绝缘，为 5.5 kV(r.m.s)，或；
- 对于基本绝缘或附加绝缘，为 2.75 kV(r.m.s)。

在导线和卷轴间施加试验电压。

表 K.1 卷轴直径

导体标称直径或厚度 mm 小于	卷轴直径 mm
0.35	4.0±0.2
0.50	6.0±0.2
0.75	8.0±0.2
2.50	10.0±0.2
5.00	4 倍导体直径或厚度 <sup>a</sup>
<sup>a</sup> 取自 GB/T 23311。	

绕组线缠绕于卷轴上时,施加到导线的拉力通过导线直径计算得出的结果为 118 MPa±10% (118 N/mm<sup>2</sup>±10%)。

对矩形导线不要求沿窄边进行缠绕。对于方形和矩形导线的卷轴绕制试验,相邻的两匝不需要相互接触。

#### K.2.4 热冲击

试样应按照 GB/T 4074.6—2008 中 3.1.1 进行制备,随后进行本部分的 18.3 的介电强度试验,最小试验电压为:

- 对于加强绝缘,为 5.5 kV(r.m.s),或;
- 对于基本绝缘或附加绝缘,为 2.75 kV(r.m.s)。

在导线与卷轴间施加试验电压。烘箱温度是表 K.2 中绝缘耐热等级的对应温度。卷轴直径和在卷轴上绕制导线时施加的拉力根据 K.2.3 进行选取。

移出烘箱后在室温下进行介电强度试验。

表 K.2 烘箱温度

耐热等级	105 级 (A)	120 级 (E)	130 级 (B)	155 级 (F)	180 级 (H)
烘箱温度/°C	200	215	225	250	275

对矩形导线不要求沿窄边进行缠绕。

注: GB/T 4074.6—2008 中 3.1.2 不适用于方形绕组线和矩形绕组线。

#### K.2.5 弯曲后介电强度的保持

按 K.2.3 准备五个试样,并进行如下的试验。将试样从卷轴移出,放入容器中,周围至少应保留有 5 mm 空间,以填充金属珠。试样端部应伸出足够长,以避免闪络,金属珠的直径应不大于 2 mm,并且应由不锈钢珠、镍珠或镀镍铁珠组成。金属珠通常应缓慢地倒入容器,直至试样至少被覆盖 5 mm。金属珠应定期用合适的溶剂进行清洗。

注: 上述试验程序来自 IEC 60851-5:1988,但在该标准的第四版(2008 版)中没有。

试样应按照本部分的 18.3 进行介电强度试验,最小试验电压为:

- 对于加强绝缘,为 5.5 kV(r.m.s),或;
- 对于基本绝缘或附加绝缘,为 2.75 kV(r.m.s)。

卷轴直径和绕组在卷轴绕制导线时施加的拉力应满足 K.2.3 要求。

### K.3 生产期间的试验

#### K.3.1 总则

导线生产商应按照 K.3.2 和 K.3.3 的规定,对导线进行介电强度试验。

#### K.3.2 例行试验

例行试验的试验电压应按照本部分中 18.3 的介电强度试验,最小试验电压为:

- 对于加强绝缘,为 4.2 kV(r.m.s),或;
- 对于基本绝缘或附加绝缘,为 2.1 kV (r.m.s)。

#### K.3.3 抽样试验

##### K.3.3.1 圆形绕组线和绞合绕组线

扭绞成线对的试样应按照 IEC 60851-5:2008 中 4.4.1 进行试验。试验电压应按照在本部分中 18.3 的介电强度试验,最小试验电压:

- 对于加强绝缘,为 6 kV(r.m.s),或;
- 对于基本绝缘或附加绝缘,为 3 kV(r.m.s)。

##### K.3.3.2 方形绕组线或矩形绕组线

试样应按照 IEC 60851-5:2008 中 4.7.1 进行制备。然后样品应经受 18.3 的介电强度试验,试验电压应按照本部分 18.3 的介电强度试验,试验电压应不小于:

- 对于加强绝缘,为 5.5 kV(r.m.s),或;
- 对于基本绝缘或附加绝缘,为 3 kV(r.m.s)。

增加下列附录：

附 录 AA  
(资料性附录)  
局部放电(PD)试验

预定用于黑盒子试验的局部放电试验正在考虑中。



附录 BB  
(规范性附录)

内部频率大于 500 Hz 的开关型电源的配套用变压器的特殊要求

BB.0 概述

本附录仅适用于内部频率大于 500 Hz 的开关型电源的配套用变压器。

如果包含变压器的 SMPS 符合本部分,则不必使用本附录。

注:本附录代替 IEC 61558-2-17:1997。

BB.1 范围

除下列规定外,本部分的该章适用。

该章增加下列内容:

本附录适用于内部频率大于 500 Hz 的单相或多相、空气冷却的开关型电源的配套用变压器:

——分离变压器;

——隔离变压器;

安全隔离变压器;

且额定电源电压不超过交流 1 000 V,额定频率超过 500 Hz 但不超过 100 MHz,额定输出不超过:

——单相变压器为 25 kVA;

——多相变压器为 40 kVA。

本附录适用于干式变压器,其绕组可以是包封式或非包封式。

BB.4 一般要求

除下列规定外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

BB.4.2 该条用下列内容代替:

开关型电源用变压器应满足 GB/T 19212.1—2016 和本部分的要求,而且这些开关型电源用变压器在电器或设备中的使用条件应与变压器的标记相符合。但是,当开关型电源配套用变压器用于有相关标准的电器或设备时,这些开关型电源配套用变压器可以按其预定配用的该电器或设备中所出现的条件来进行试验。

因此,这些开关型电源配套用变压器应满足下列章、条款或其中各部分的要求:

1、2、3、4、5.1、5.2、5.3、5.4、5.5、5.6、5.7、5.15、7.2、7.5、8.2、8.11、14.2、14.3、18.1、18.2、18.3、18.102、19.1、19.12、26.1、26.2、26.3、26.101、26.102、26.103、26.104、26.105、26.106、26.107、附录 A、附录 C、附录 D、附录 E、附录 G、附录 K、附录 L、附录 M、附录 N、附录 P、附录 R、附录 W。

其余条款应采用相关产品标准的规定。如果相关产品标准未全部包括其余条款,则应使用本部分相应的未被包括的那些其余条款来代替。

BB.6 额定值

除下列规定外,GB/T 19212.1—2016 的该章适用。

该章增加下列条款：

**BB.6.101** 空载输出电压不应超过：

——对分离变压器为交流 1 000 V。额定输出电压的交流优选值为：72 V、120 V、230 V、400 V、440 V 和 660 V；

对隔离变压器为交流 500 V。额定输出电压的交流优选值为：72 V、120 V、230 V、400 V 和 440 V；

——对安全隔离变压器为交流 50 V。额定输出电压的交流优选值为：6 V、12 V、24 V、42 V 和 48 V。

**BB.6.102** 额定输出不应超过：

——对分离变压器，单相为 1 kVA，多相为 5 kVA；

——对隔离变压器，单相为 10 kVA，多相 16 kVA；

——对安全隔离变压器，单相为 25 kVA，多相为 40 kVA。

满足供需双方之间协议的开关型电源用的分离变压器、隔离变压器和安全隔离变压器除外。

**BB.6.103** 额定频率范围为 500 Hz~100 MHz。

**BB.6.104** 额定电源电压不应超过交流 1 000 V。

参 考 文 献

除下列参考文献外,GB/T 19212.1—2016 的参考文献适用:

增加下列参考文献:

- [1] GB/T 12668.501 调速电气传动系统 第 5-1 部分:安全要求 电气、热和能量 (GB/T 12668.501 2013,IEC 61800-5-1:2007,IDT)
  - [2] IEC 60851-5:1988 Methods of test for winding wires Part 5:Electrical properties
  - [3] IEC 61558-2-17:1997 Safety of power transformers,power supply units and similar—Part 2:Particular requirements for transformers for switch mode power supplies
-