



中华人民共和国国家标准

GB/T 17467—2020
代替 GB/T 17467—2010

高压/低压预装式变电站

High-voltage/low-voltage prefabricated substation

(IEC 62271-202:2014, High-voltage switchgear and controlgear—
Part 202: High-voltage/low-voltage prefabricated substation, MOD)

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

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
高压/低压预装式变电站
GB/T 17467—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.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2020年3月第一版

*

书号: 155066 · 1-64622

版权专有 侵权必究

目 次

| | |
|--|------|
| 前言 | V |
| 引言 | VIII |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 2 |
| 4 正常和特殊使用条件 | 4 |
| 4.1 概述 | 4 |
| 4.2 正常使用条件 | 4 |
| 4.3 特殊使用条件 | 5 |
| 5 额定值 | 6 |
| 5.1 概述 | 6 |
| 5.2 额定电压 | 6 |
| 5.3 额定绝缘水平 | 6 |
| 5.4 额定频率(f_r) | 7 |
| 5.5 额定电流和温升 | 7 |
| 5.6 额定短时耐受电流(I_k, I_{ke}, I_{cw}) | 7 |
| 5.7 额定峰值耐受电流(I_p, I_{pe}, I_{pk}) | 8 |
| 5.8 额定短路持续时间(t_k, t_{ke}) | 8 |
| 5.9 合、分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压(U_a) | 8 |
| 5.10 合、分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率 | 8 |
| 5.11 可控压力系统用压缩气源的额定压力 | 8 |
| 5.12 绝缘和/或开合用的额定充入水平 | 8 |
| 5.101 额定最大容量和外壳级别 | 9 |
| 5.102 高压侧内部电弧等级(IAC)的额定值以及低压侧电弧情况下保护等级的额定值 | 9 |
| 6 设计和结构 | 11 |
| 6.1 概述 | 11 |
| 6.2 对开关设备和控制设备中液体的要求 | 11 |
| 6.3 对开关设备和控制设备中气体的要求 | 11 |
| 6.4 预装式变电站的接地 | 11 |
| 6.5 辅助和控制设备 | 12 |
| 6.6 动力操作 | 12 |
| 6.7 储能操作 | 12 |
| 6.8 不依赖人力或动力的操作(非锁扣的操作) | 12 |
| 6.9 脱扣器的操作 | 12 |
| 6.10 低压力和高压力闭锁以及监测装置 | 12 |
| 6.11 铭牌 | 13 |

| | | |
|-------|----------------------------|----|
| 6.12 | 联锁装置 | 13 |
| 6.13 | 位置指示 | 13 |
| 6.14 | 外壳提供的防护等级 | 13 |
| 6.15 | 爬电距离 | 14 |
| 6.16 | 气体和真空的密封 | 14 |
| 6.17 | 液体的密封 | 14 |
| 6.18 | 火灾危险(易燃性) | 14 |
| 6.19 | 电磁兼容性(EMC) | 14 |
| 6.20 | X射线 | 14 |
| 6.21 | 腐蚀 | 14 |
| 6.101 | 预装式变电站对机械应力的防护 | 14 |
| 6.102 | 归因于内部缺陷的环境保护 | 14 |
| 6.103 | 内部电弧故障 | 15 |
| 6.104 | 外壳 | 15 |
| 6.105 | 其他规定 | 18 |
| 6.106 | 声发射 | 18 |
| 6.107 | 电磁场 | 18 |
| 7 | 型式试验 | 18 |
| 7.1 | 总则 | 18 |
| 7.2 | 绝缘试验 | 20 |
| 7.3 | 无线电干扰电压(r.i.v)试验 | 22 |
| 7.4 | 回路电阻的测量 | 22 |
| 7.5 | 温升试验 | 23 |
| 7.6 | 短时耐受电流和峰值耐受电流试验 | 28 |
| 7.7 | 防护等级验证 | 28 |
| 7.8 | 密封试验 | 28 |
| 7.9 | 电磁兼容性试验(EMC) | 28 |
| 7.10 | 辅助和控制回路的附加试验 | 28 |
| 7.11 | 真空灭弧室的 X 射线试验程序 | 29 |
| 7.101 | 验证预装式变电站耐受机械应力的试验或计算 | 29 |
| 7.102 | 内部电弧故障试验 | 29 |
| 7.103 | 电磁场的测量或计算 | 33 |
| 7.104 | 检验能满足操作的功能试验 | 33 |
| 8 | 出厂试验 | 34 |
| 8.1 | 概述 | 34 |
| 8.101 | 高压连接线的绝缘试验 | 34 |
| 8.102 | 低压连接线的绝缘试验 | 34 |
| 8.103 | 辅助和控制回路的绝缘试验 | 34 |
| 8.104 | 检验能满足操作的功能试验 | 34 |
| 8.105 | 接线正确性检查 | 34 |
| 8.106 | 在现场装配后的试验 | 34 |
| 8.107 | 接地连续性试验 | 35 |

| | | |
|--------------|-----------------------------------|----|
| 9 | 预装式变电站的选用导则 | 35 |
| 9.1 | 概述 | 35 |
| 9.101 | 总则 | 35 |
| 9.102 | 额定值的选择 | 35 |
| 9.103 | 外壳级别的选择 | 35 |
| 9.104 | 内部电弧故障 | 36 |
| 9.105 | 技术要求的摘要 | 38 |
| 10 | 查询、投标和订货时提供的资料 | 42 |
| 10.1 | 概述 | 42 |
| 10.2 | 查询和订货时提供的资料 | 42 |
| 10.3 | 投标时提供的资料 | 43 |
| 11 | 运输、储存、安装、运行及维护 | 44 |
| 11.1 | 概述 | 44 |
| 11.2 | 运输、储存和安装时的条件 | 44 |
| 11.3 | 安装 | 44 |
| 11.4 | 运行 | 45 |
| 11.5 | 维护 | 45 |
| 11.101 | 寿命终了时的拆卸、回收以及处理 | 45 |
| 12 | 安全 | 46 |
| 12.1 | 概述 | 46 |
| 12.101 | 电气方面 | 46 |
| 12.102 | 机械方面 | 46 |
| 12.103 | 热的方面 | 46 |
| 12.104 | 内部电弧方面 | 46 |
| 13 | 产品对环境的影响 | 46 |
| 附录 A (资料性附录) | 本标准与 IEC 62271-202:2014 相比的结构变化情况 | 47 |
| 附录 B (资料性附录) | 光伏预装式变电站的一般要求 | 50 |
| 附录 C (资料性附录) | 外壳中变压器的额定值 | 55 |
| 附录 D (资料性附录) | 接地回路示例 | 63 |
| 附录 E (规范性附录) | 内部电弧故障——验证高压侧内部电弧等级(IAC)的方法 | 66 |
| 附录 F (资料性附录) | 外壳材料的特性 | 77 |
| 附录 G (规范性附录) | 预装式变电站声级的验证试验 | 79 |
| 参考文献 | | 81 |
| 图 101 | 在外壳外变压器温升 Δt_1 的测量 | 23 |
| 图 102 | 在外壳内变压器温升 Δt_2 的测量 | 23 |
| 图 103 | 优选的温升试验方法接线图 | 25 |
| 图 104 | 替代的温升试验方法接线图 | 26 |
| 图 105 | 温升试验开路试验接线图 | 26 |
| 图 B.1 | 优选的温升试验接线图 | 52 |
| 图 B.2 | 替代的温升试验方法接线图 | 52 |

| | | |
|-------|---|----|
| 图 B.3 | 温升试验开路试验接线图 | 53 |
| 图 C.1 | 外壳中液浸式变压器的负荷系数 | 56 |
| 图 C.2 | 外壳外的干式变压器的负荷系数 | 57 |
| 图 C.3 | 外壳中绝缘等级 105 ℃(A)的干式变压器的负荷系数 | 57 |
| 图 C.4 | 外壳中绝缘等级 120 ℃(E)的干式变压器的负荷系数 | 58 |
| 图 C.5 | 外壳中绝缘等级 130 ℃(B)的干式变压器的负荷系数 | 58 |
| 图 C.6 | 外壳中绝缘等级 155 ℃(F)的干式变压器的负荷系数 | 59 |
| 图 C.7 | 外壳中绝缘等级 180 ℃(H)的干式变压器的负荷系数 | 59 |
| 图 C.8 | 外壳中绝缘等级 200 ℃(H)的干式变压器的负荷系数 | 60 |
| 图 C.9 | 外壳中绝缘等级 220 ℃(H)的干式变压器的负荷系数 | 60 |
| 图 D.1 | 接地回路示例 | 63 |
| 图 D.2 | 接地回路示例 | 64 |
| 图 D.3 | 框架内作为主接地导体的接地回路示例 | 65 |
| 图 E.1 | 垂直指示器的安装框架 | 69 |
| 图 E.2 | 水平指示器 | 69 |
| 图 E.3 | 指示器的布置 | 70 |
| 图 E.4 | IAC-A 级高压开关设备试验的选择 | 73 |
| 图 E.5 | IAC-B 级高压开关设备试验的选择 | 74 |
| 图 E.6 | IAC-A 级高压连接线试验的选择 | 75 |
| 图 E.7 | IAC-B 级高压连接线试验的选择 | 76 |
| 表 101 | 合成材料特性 | 16 |
| 表 102 | 高压侧内部电弧的部位、起因以及降低内部电弧概率的措施举例 | 36 |
| 表 103 | 取决于系统中性点接地类型的单相对地电弧故障电流 | 38 |
| 表 104 | 预装式变电站使用条件的摘要 | 39 |
| 表 105 | 预装式变电站额定值的摘要 | 39 |
| 表 106 | 预装式变电站设计与结构的摘要 | 41 |
| 表 A.1 | 本标准与 IEC 62271-202:2014 的章条编号对照情况 | 47 |
| 表 B.1 | 奇次谐波电流含有率限值 | 53 |
| 表 B.2 | 偶次谐波电流含有率限值 | 53 |
| 表 B.3 | 电网频率的响应 | 54 |
| 表 C.1 | 不同外壳级别时变压器的最大负荷系数 | 61 |
| 表 F.1 | 涂层的处理 | 77 |
| 表 F.2 | 油漆的试验 | 77 |
| 表 F.3 | 混凝土的试验 | 78 |

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 17467—2010《高压/低压预装式变电站》，与 GB/T 17467—2010 相比，主要技术变化如下：

- 修改了预装式变电站的主要电气元件(见第 1 章,2010 年版的第 1 章)；
- 删除了与本标准无关的非预装式变电站的适用要求(见 2010 年版的第 1 章)；
- 增加了“高压连接”“低压连接”“可触及性的型式”“电弧故障电流”“电弧故障持续时间”“电弧情况下人员保护”及“电弧引燃防护区”等术语；删除了“IAC-A 内部电弧级”“IAC-B 内部电弧级”“IAC-AB 内部电弧级”等术语(见第 3 章,2010 年版的第 3 章)；
- 增加了高压侧内部电弧等级(IAC)的额定值以及低压侧电弧情况下保护等级的额定值,如果制造商有规定(见 5.102)；
- 增加了低压侧内部电弧故障的要求(见 6.103)；
- 增加了对电磁场的要求(见 6.107)；
- 修改了 EMC 试验、内部电弧故障试验的型式试验类型,改为“适用时,强制的型式试验”(见 7.1.1,2010 年版的 6.1)；
- 增加了低压连接线的工频耐压试验(见 7.2.102.3)；
- 修改了温升试验的试验方法,按液浸式变压器和干式变压器两种情况分别给出了试验程序(见 7.5.103,2010 年版的 6.5)；
- 增加了辅助和控制回路的附加试验(见 7.10)；
- 增加了内部电弧故障试验(见 7.102)；
- 增加了低压侧内部电弧故障试验的要求(见 7.102.3)；
- 增加了“测量或计算预装式变电站产生的电磁场”试验(见 7.103)；
- 增加了“检验能满足操作的功能试验”的试验要求(见 7.104)；
- 增加了第 13 章“产品对环境的影响”(见第 13 章)；
- 修改了内部电弧故障试验指示器的布置中产品高度,由原来的按 2 m 划分,变为按 1.9 m 划分(见 E.3.2,2010 年版的附录 A)。

本标准使用重新起草法修改采用 IEC 62271-202:2014《高压开关设备和控制设备 第 202 部分:高压/低压预装式变电站》。

本标准与 IEC 62271-202:2014 相比在结构上有较多调整,附录 A 中列出了本标准与 IEC 62271-202:2014 的章条编号对照一览表。

本标准与 IEC 62271-202:2014 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件,本标准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 1094.5—2008 代替了 IEC 60076-5:2006；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 1094.7—2008 代替了 IEC 60076-7:2005；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 1094.10—2003 代替了 IEC 60076-10:2001；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 1094.11—2007 代替了 IEC 60076-11:2004；

- 用修改采用国际标准的 GB/T 1094.12—2013 代替了 IEC 60076-12:2008;
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 2900.20—2016 代替了 IEC 60050-441:1984;
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 3906—2020 代替了 IEC 62271-200:2011;
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 11022—2011 代替了 IEC 62271-1:2007;
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 14048.1—2012 代替了 IEC 60947-1:2011;
 - 用等效采用国际标准的 GB/T 17627.1—1998 代替了 IEC 61180-1:1992;
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 20002.4—2015 代替了 ISO/IEC Guide 51:1999;
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 26218.1—2010 代替了 IEC/TS 60815-1:2008;
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 33977—2017 代替了 IEC/TR 62271-208:2009;
 - 删除了引用文件 IEC 62271-201:2006、ISO 1052:1982、ISO 6508-1:2005、ISO 1716: 2010;
 - 增加了引用文件 GB/T 762—2002、GB/T 1408.1—2016、GB/T 2900.20—2016、GB/T 18859—2016、ISO 1716: 2018;
- 修改了适用的电压范围及频率范围,以满足我国电网的实际情况(见第 1 章);
- 删除了非预装式的变电站的适用要求,非预装式的变电站本标准不涉及(见 IEC 62271-202:2014);
- 增加了“电弧情况下人员保护”及“电弧引燃防护区”等术语,方便本标准的使用(见第 3 章);
- 增加了“可控压力系统用压缩气源的额定压力”的额定值,以完善产品的额定值(见 5.11);
- 增加了“绝缘和/或开合用的额定充气水平”的额定值,以完善产品的额定值(见 5.12);
- 增加了低压侧电弧情况下保护等级的额定值,如果制造商有规定,以提高预装式变电站的安全性要求(见 5.102.3);
- 将“预装式变电站对机械应力的防护”中的外部机械撞击移到“外壳提供的防护等级”中,因为外部机械撞击是外壳防护等级的一部分;
- 增加了 6.20 X 射线,6.21 腐蚀,与 GB/T 11022—2011 结构一致(见 6.20 和 6.21);
- 增加了对低压侧内部电弧故障的要求,以提高预装式变电站的安全性要求(见 6.103 和 7.102.3);
- 增加了型式试验周期的要求,以符合我国的具体实际(见 7.1.1);
- 根据低压开关设备的相关标准,绝缘试验中增加了低压连接线的工频耐压试验,以完善型式试验项目(见 7.2.102.3);
- 型式试验中增加了“检验能满意操作的功能试验”,并明确了要求,以提高预装式变电站的安全性要求,增加可操作性(7.104);
- 出厂试验中增加了低压连接线的绝缘试验、接地连续性试验,以提高预装式变电站的安全性要求(见 8.102 和 8.107);
- 重新编写了国际标准附录 D 中的 D.4,以适合我国产品的实际运行情况。
- 本标准做了下列编辑性修改:
- 为与我国标准体系一致,将本标准名称改为《高压/低压预装式变电站》;
- 按照 GB/T 1.1—2009 的要求,将 IEC 62271-202:2014 的表 104 修改为本标准的表 104~表 106。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国高压开关设备标准化技术委员会(SAC/TC 65)归口。

本标准起草单位:西安高压电器研究院有限责任公司、上海金友金弘智能电气股份有限公司、上海天灵开关厂有限公司、ABB(中国)有限公司、中国电力科学研究院有限责任公司、上海电气输配电试验中心有限公司、施耐德电气(中国)有限公司、北京 ABB 高压开关设备有限公司、库柏(宁波)电气有限公司

司、江苏华冠电器集团有限公司、常州太平洋电力设备(集团)有限公司、青岛特锐德电气股份有限公司、北京北开电气股份有限公司、常德天马电器股份有限公司、浙江时通电气制造有限公司、益和电气集团股份有限公司、宁波奥克斯高科技有限公司、深圳市奇辉电气有限公司、正泰电气股份有限公司、苏州科陆东自电气有限公司、四川华一电器有限公司、甘肃长城电工电器工程研究院有限公司、河南森源电气股份有限公司、河南华盛隆源电气有限公司、日升集团有限公司、安徽鑫龙电器股份有限公司、上海华银开关厂有限公司、河南平高电气股份有限公司、川开电气有限公司、山东泰开成套电器有限公司、西安西电开关电气有限公司、西安西电高压开关有限责任公司、北京科锐配电自动化股份有限公司、山东泰开高压开关有限公司、施耐德(陕西)宝光电器有限公司、青岛海洋电气设备检测有限公司、国网四川省电力公司电力科学研究院、中国质量认证中心、顺特电气设备有限公司。

本标准主要起草人:冯武俊、邢娜、田恩文、张子骁、姜子元、孙梅、常勇、胡晶、王挺、谢瑞涛、谭燕、王亮、吴春九、郑荣林、雷小强、齐俊臣、刘成学、殷荣明、袁春萍、屈东明、曹为正、李雁、冯家祥、叶树新、宋德文、田晓越、陆以安、李渊博、王鹏程、杨建发、刘爱华、魏凯、唐金萍、邓爱月、李开明、吴卫国、李宏楼、姬广辉、任峰峰、叶瑞、王兆军、侯彦杰、陆平、王岩、杨超、韩海洋、王留庆、王嘉易、高晶、梁洪滔。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 17467—1998、GB/T 17467—2010。

引 言

预装式变电站定义为经过型式试验的、用来从高压系统向低压系统输送电能或从低压系统向高压系统输送电能的设备,它通常包括装在外壳内的变压器、低压和高压开关设备、连接线和辅助设备。这类变电站安装在公众易接近的地点,并按规定的使用条件保证人身安全。

这意味着除了规定的特性、额定值和相关的试验程序外,要特别注意对人身保护的规定,包括操作人员和一般公众。这种保护由采用经过型式试验的元件以及合理的设计和外壳的结构来保证。预装式变电站的正确设计和性能通过本标准中规定的相关型式试验来验证,包括内部电弧故障试验。

高压/低压预装式变电站

1 范围

本标准规定了高压/低压或低压/高压预装式变电站的使用条件、额定值、设计和结构、型式试验和出厂试验等要求。

本标准适用于高压侧交流额定电压为 3.6 kV~40.5 kV、包含一台或多台变压器、运行频率 50 Hz 及以下、安装在户外公众易接近且提供人员防护的地点的预装式变电站。

注 1: 该预装式变电站是通过电缆与电网连接的,可以从它的内部(进入型)或外部(非进入型)进行操作。对于通过架空线与电网连接的预装式变电站,可参照本标准。

注 2: 额定电压高于 40.5 kV 的预装式变电站,可参照本标准。

注 3: 充电桩用预装式变电站、岸电用预装式变电站、光伏预装式变电站、风电预装式变电站、牵引用预装式变电站等,可参照本标准。光伏预装式变电站更详细的要求见附录 B。

注 4: 对于户内安装的预装式变电站,可参照本标准。

预装式变电站能够在地面上、部分或全部在地面下安装。

预装式变电站由外壳及至少下述主要电气元件组成:

- 电力变压器;
- 高压和低压开关设备和控制设备;
- 高压和低压内部连接;
- 辅助设备和回路等。

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 762—2002 标准电流等级(eqv IEC 60059:1999)

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 1094.5—2008 电力变压器 第 5 部分:承受短路的能力(IEC 60076-5:2006,MOD)

GB/T 1094.7—2008 电力变压器 第 7 部分:油浸式电力变压器负载导则(IEC 60076-7:2005,MOD)

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

GB/T 1094.11—2007 电力变压器 第 11 部分:干式变压器(IEC 60076-11:2004,MOD)

GB/T 1094.12—2013 电力变压器 第 12 部分:干式电力变压器负载导则(IEC 60076-12:2008,MOD)

GB/T 1408.1—2016 绝缘材料 电气强度试验方法 第 1 部分:工频下试验(IEC 60243-1:2013, IDT)

GB/T 2900.10—2013 电工术语 电缆(IEC 60050-461:2008, IDT)

GB/T 2900.20—2016 电工术语 高压开关设备和控制设备(IEC 60050-441:1984,MOD)

GB/T 3906—2020 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备(IEC 62271-200:2011, MOD)

- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)(IEC 60529:2013, IDT)
- GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第 1 部分:总则(IEC 61439-1:2011, IDT)
- GB/T 7251.12—2013 低压成套开关设备和控制设备 第 2 部分:成套电力开关设备和控制设备(IEC 61439-2:2011, IDT)
- GB/T 11022—2011 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求(IEC 62271-1:2007, MOD)
- GB/T 14048.1—2012 低压开关设备和控制设备 第 1 部分:总则(IEC 60947-1:2011, MOD)
- GB/T 16895.21—2011 低压电气装置 第 4-41 部分:安全防护 电击防护(IEC 60364-4-41:2005, IDT)
- GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分:原理、要求和试验(IEC 60664-1:2007, IDT)
- GB/T 17627.1—1998 低压电气设备的高电压试验技术 第一部分:定义和试验要求(eqv IEC 61180-1:1992)
- GB/T 18859—2016 封闭式低压成套开关设备和控制设备 在内部故障引起电弧情况下的试验导则(IEC/TR 61641:2014, IDT)
- GB/T 20002.4—2015 标准中特定内容的起草 第 4 部分:标准中涉及安全的内容(ISO/IEC Guide 51:1999, MOD)
- GB/T 20138—2006 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级(IK 代码)(IEC 62262:2002, IDT)
- GB/T 26218.1—2010 污染条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 1 部分:定义、信息和一般原则(IEC/TS 60815-1:2008, MOD)
- GB/T 33977—2017 高压成套开关设备和高压/低压预装式变电站产生的稳态、工频电磁场的量化方法(IEC/TR 62271-208:2009, MOD)
- ISO 1182:2010 产品着火试验的反应 非易燃性试验(Reaction to fire tests for products—Non-combustibility tests)
- ISO 1716:2018 产品着火试验的反应 燃烧热量的确定(热量)[Reaction to fire tests for products—Determination of the gross heat of combustion (calorific value)]
- IEC 60076-13:2006 电力变压器 第 13 部分:自保护充液变压器(Power transformers—Part 13: Self-protected liquid-filled transformers)

3 术语和定义

GB/T 11022—2011 的第 3 章不适用。

GB/T 2900.20—2016 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.101

预装式变电站 prefabricated substation

预装的、并经过型式试验验证的、安装在一个外壳中的成套设备。

注:预装式变电站包括电力变压器、高压和低压开关设备和控制设备、高压和低压内部连接、辅助设备和回路等。

3.102

运输单元 transport unit

装运时不需拆卸的预装式变电站的一部分。

3.103

外壳 enclosure

用来保护预装式变电站免受外部的影响,并为操作人员和一般公众提供规定的防护等级,以防止其

接近或触及带电部件和触及运动部件的预装式变电站的部件。

3.104

隔室 compartment

除了内部连接线、控制或通风需用的通道外,其他均封闭的预装式变电站的一部分。

注:隔室可以按其中包含的元件来命名,例如分别称为变压器隔室(简称变压器室)、高压开关设备和控制设备隔室(简称高压室)、低压开关设备和控制设备隔室(简称低压室)。

3.105

元件 component

预装式变电站中提供一种或几种特定功能的基本部件。

注:例如变压器、高压开关设备和控制设备、低压开关设备和控制设备等。

3.105.1

高压连接 high voltage interconnection

高压开关设备和控制设备端子与电力变压器的高压端子之间的电气连接。

3.105.2

低压连接 low voltage interconnection

电力变压器的低压端子与低压开关设备和控制设备进线端子之间的电气连接。

3.106

隔板 partition

预装式变电站中将一个隔室和另一个隔室分开的部件。

3.107

主回路 main circuit

预装式变电站回路中用于传输电能的所有导电部件。

注:改写 GB/T 2900.20—2016,定义 5.2。

3.108

辅助回路 auxiliary circuit

预装式变电站回路中(不同于主回路),用于控制、测量、信号、调节、照明等的所有导电部件。

3.109

额定值 rated value

由制造厂对预装式变电站规定的运行条件所指定的量值。

注:改写 GB/T 2900.83—2009,定义 151-16-08。

3.110

防护等级 degree of protection

由外壳提供的,用以防止触及危险部件、防止固体外物进入和/或防止水进入以及防止有害机械撞击,并经过标准的试验方法验证的设备的防护程度(水平)。

注:改写 GB/T 11022—2011,定义 3.7.2。

3.111

周围空气温度 ambient air temperature

在规定条件下测定的预装式变电站外壳周围的空气温度。

3.112

外壳级别 class of enclosure

在正常使用条件下,变压器在外壳内的温升和同一台变压器在外壳外的温升之差。

注:该变压器的额定值(容量和损耗)相应于预装式变电站的最大额定值。

3.113

变压器的负荷系数 transformer load factor

在恒定的额定电压下变压器能够提供的恒定电流标么值。

3.114

内部电弧级的预装式变电站 internal arc classified prefabricated substation

通过适当的试验验证的、在高压侧和低压侧内部电弧情况下满足对人员防护的规定判据的预装式变电站。

注：内部电弧级的预装式变电站其高压侧可按可触及性的型式进行分类，其低压侧可按在电弧情况下的保护等级进行分类（见 5.102）。

3.114.1

可触及性的型式 type of accessibility

为接近预装式变电站内部或周围确定区域的人员提供的、与保护水平相关的特性。

3.114.2

电弧故障电流 arc fault current

在内部电弧情况下，预装式变电站设计的、与人员保护相关的三相以及适用时的单相对地短路电流有效值。

3.114.3

电弧故障持续时间 arc fault duration

在内部电弧情况下，预装式变电站设计的、与人员保护相关的短路电流持续时间。

3.114.4

电弧情况下人员保护 personnel protection under arcing conditions

低压成套开关设备限制由其内部电弧故障的机械效应和热效应引起的人员伤害危险的能力。

注：改写 GB/T 18859—2016，定义 3.6。

3.114.5

电弧引燃防护区 arc ignition protected zone

低压成套开关设备内采取具体措施确保几乎不可能引发电弧故障的部分电路。

注 1：电弧引燃防护区以前称为无弧区。

注 2：电弧引燃防护区的概念考虑到绝缘是降低电弧引燃概率和电弧在成套开关设备内蔓延可能性的一种重要手段。当采用电弧引燃防护区概念时，宜有意识地考虑到在电弧引燃防护区内也存在因绝缘本身破坏、绝缘的导体或其连接件失效导致电弧引燃的残余危险。电弧引燃防护区内导体、导体连接件及绝缘的质量和可靠性对由所谓“电弧引燃防护区”提供的额外电弧故障保护很关键。

注 3：改写 GB/T 18859—2016，定义 3.9。

4 正常和特殊使用条件

4.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 2 章适用，并做如下修改。

4.2 正常使用条件

4.2.1 概述

除非本标准另有规定，预装式变电站应设计成能在 GB/T 11022—2011 规定的户外开关设备 and 控制设备的正常使用条件下使用。

假定预装式变电站外壳内部满足 GB/T 11022—2011 规定的户内开关设备 and 控制设备的正常使用

条件,这里不再另做规定。注意,此时外壳内部的周围空气温度会不同于 GB/T 11022—2011 的 3.1.17 中定义的周围空气温度。

如果预装式变电站内部的周围空气温度高于相关产品标准中对元件规定的限值,可能有必要降低容量。

4.2.2 户内开关设备和控制设备

对于高压开关设备和控制设备,GB/T 11022—2011 的 2.2.1 适用。

对于低压开关设备和控制设备,GB/T 7251.1—2013 的 7.1 适用。

对于电力变压器,GB/T 1094.1—2013 适用。

外壳内的变压器在额定电流下,其温升比敞开条件下的要高,可能会超过 GB/T 1094.2—2013 或 GB/T 1094.11—2007 规定的温升限值。

变压器的使用条件应按预装式变电站安装地点的使用条件和额定外壳级别来确定(见 5.101.2)。

变压器的制造厂或用户能够据此计算出变压器可能的使用容量降低值(参见附录 C)。

4.2.3 户外开关设备和控制设备

对于高压开关设备和控制设备,GB/T 11022—2011 的 2.2.2 不适用。

4.3 特殊使用条件

4.3.1 概述

除下述外,GB/T 11022—2011 的 2.3 适用。

当预装式变电站的使用条件和 4.2 的正常使用条件不同时,采用以下规定。

4.3.2 海拔

对于高压开关设备和控制设备,海拔超过 1 000 m 的设备,见 GB/T 11022—2011 的 2.3.2。

对于低压开关设备和控制设备,海拔超过 2 000 m 的设备,见 GB/T 7251.1—2013 的 7.2。

对于电力变压器,海拔超过 1 000 m 的设备,见 GB/T 1094.2—2013 或 GB/T 1094.11—2007。

4.3.3 污秽

除下述外,GB/T 11022—2011 的 2.3.3 适用。

在外壳内部有暴露的主绝缘时,应在考虑了空气中的盐分或者经过通风口进入的,而不能被雨水冲洗掉的工业污秽的条件下选择污秽等级。在此类环境下外壳内部的污秽等级可能比外壳外部的污秽等级要求更高。

对于准备安装在符合 GB/T 26218.1—2010 中规定的现场污秽等级为 c 级、d 级和 e 级的环境中的变电站,如果有暴露的绝缘,则应设计成能够耐受这些污秽。常用的方法是采取措施防止绝缘的暴露表面沉积污秽。

对于处于污秽空气中的预装式变电站的主要元件或部件,其污秽等级应按下列设备相应标准的规定:

——对于高压开关设备和控制设备,GB/T 11022—2011 的 2.3.3 适用。

注:对于符合 GB/T 3906—2020 适用范围的金属封闭开关设备和控制设备,若其运行中承受的凝露和污秽的使用条件比本标准规定的正常使用条件要严酷,则按照 GB/T 3906—2020 确定的设计类别 1 和 2,证明其耐受此严酷使用条件的能力。

——对于低压开关设备和控制设备,GB/T 16935.1—2008 的 4.6 和 GB/T 7251.1—2013 的 7.1.3 适用。

——对于电力变压器,通常 GB/T 1094 系列标准没有将污秽作为特殊使用条件,但是 GB/T 1094.11—2007 描述了干式变压器的非正常使用条件,可作为污秽环境下的指南。

4.3.4 温度和湿度

除下述外,GB/T 11022—2011 的 2.3.4 适用。

如果指定安装地点的使用条件不在正常使用条件的范围内,应考虑额定外壳级别(见 5.101.2),且变压器的温升限值应做相应的修改(参见附录 C)。

5 额定值

5.1 概述

除下述外,GB/T 11022—2011 的第 4 章适用。

预装式变电站的额定值如下:

- a) 额定电压;
- b) 额定绝缘水平;
- c) 额定频率(f_r);
- d) 主回路的额定电流;
- e) 主回路和接地回路的额定短时耐受电流(I_k, I_{ke}, I_{cw});
- f) 主回路和接地回路的额定峰值耐受电流(I_p, I_{pe}, I_{pk});
- g) 主回路和接地回路的额定短路持续时间(t_k, t_{ke});
- h) 合、分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压(U_a);
- i) 合、分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率;
- j) 可控压力系统用压缩气源的额定压力,适用时;
- k) 绝缘和/或开合用的额定充入水平,适用时;
- l) 预装式变电站的额定最大容量;
- m) 每台变压器的温升和额定容量;
- n) 变压器在额定电压和额定电流下的损耗;
- o) 额定外壳级别;
- p) 高压侧内部电弧等级(IAC)的额定值以及低压侧电弧情况下保护等级的额定值,如果制造厂有规定。

5.2 额定电压

预装式变电站的额定电压是由其高压开关设备、控制设备、电力变压器以及低压开关设备、控制设备的额定电压确定的。

对于高压开关设备、控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 4.2。

对于低压开关设备、控制设备,见 GB/T 7251.1—2013 的 5.2。

对于电力变压器,见 GB/T 1094.1—2013 的 5.4.1。

注:这些值都是由电力变压器的特性决定的。高压及低压开关设备、控制设备的额定电压可高于电力变压器的额定电压。

5.3 额定绝缘水平

预装式变电站的额定绝缘水平是由其高压开关设备、控制设备及低压开关设备、控制设备的额定绝缘水平确定的。

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 4.3。

对于低压开关设备和控制设备,见 GB/T 7251.1—2013 的 5.2 和 9.1。

低压开关设备和控制设备的额定冲击耐受电压至少应为 GB/T 7251.1—2013 附录 G 中对 IV 类过电压类别给出的值,根据不同的使用条件,可能需要选取较高的绝缘水平。

5.4 额定频率(f_r)

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 4.4。

对于低压开关设备和控制设备,见 GB/T 14048.1—2012 的 4.3.3 和 GB/T 7251.1—2013 的 5.5。

5.5 额定电流和温升

5.5.1 额定电流

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 4.5.1。

对于低压开关设备和控制设备,见 GB/T 7251.1—2013 的 5.3。

5.5.2 温升

在不考虑太阳辐射效应,周围空气温度最高为 40 °C 的前提下,预装式变电站外壳的外部可触及部分的最高允许温度不应超过 70 °C。

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 4.5.2 和 4.5.3。

对于低压开关设备和控制设备,见 GB/T 7251.1—2013 的 9.2。

对于电力变压器,见 GB/T 1094.2—2013 和 GB/T 1094.11—2007。

预装式变电站的某些元件,它们不被 GB/T 11022—2011、GB/T 7251.1—2013、GB/T 1094.2—2013 和 GB/T 1094.11—2007 的范围所覆盖,遵从各自专门的规范,应不超过各元件相应标准中规定的最高允许温度和温升限值。

对于高压和低压连接线,它的最大允许温升分别是 GB/T 11022—2011 的 4.5.2 和 GB/T 7251.1—2013 的 9.2 中规定的适用于联结以及和绝缘材料接触的金属部件的值。对于变压器,应按本标准第 4 章考虑其负荷系数,参见附录 C,并参见 GB/T 1094.7—2008 和 GB/T 1094.12—2013。

5.6 额定短时耐受电流(I_k, I_{ke}, I_{cw})

5.6.101 高压开关设备和控制设备及高压连接的额定短时耐受电流(I_k)

对于高压开关设备及高压连接应规定额定短时耐受电流(I_k),GB/T 11022—2011 的 4.6 适用。

注:原则上,主回路的额定短时耐受电流不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。但是,对于每个回路或高压隔室,可以采用限制短路电流的装置,如限流熔断器、电抗器等。

5.6.102 接地回路的额定短时耐受电流(I_{ke})

对于接地回路应规定额定短时耐受电流(I_{ke}),GB/T 11022—2011 的 4.6 适用。该值可不同于主回路的值。

注:适用于接地回路的额定短时耐受电流取决于其系统中性点接地的类型,见表 103。

5.6.103 低压开关设备和控制设备及低压连接的额定短时耐受电流(I_{cw})

对于低压开关设备及低压连接应规定额定短时耐受电流(I_{cw}),GB/T 7251.1—2013 的 5.3.4 适用。

5.7 额定峰值耐受电流(I_p, I_{pe}, I_{pk})

5.7.101 高压开关设备和控制设备及高压连接的额定峰值耐受电流(I_p)

对于高压开关设备及高压连接应规定额定峰值耐受电流(I_p), GB/T 11022—2011 的 4.7 适用。

注: 原则上, 主回路的额定峰值耐受电流不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。但是, 对于每个回路或高压隔室, 可以采用限制短路电流的装置, 如限流熔断器、电抗器等。

5.7.102 接地回路的额定峰值耐受电流(I_{pe})

对于接地回路应规定额定峰值耐受电流(I_{pe}), GB/T 11022—2011 的 4.7 适用。该值可不同于主回路的值。

5.7.103 低压开关设备和控制设备及低压连接的额定峰值耐受电流(I_{pk})

对于低压开关设备及低压连接应规定额定峰值耐受电流(I_{pk}), GB/T 7251.1—2013 的 5.3.3 适用。

5.8 额定短路持续时间(t_k, t_{ke})

5.8.101 高压开关设备和控制设备及高压连接的额定短路持续时间(t_k)

对于高压开关设备和高压连接应规定额定短路持续时间(t_k), GB/T 11022—2011 的 4.8 适用。

注: 原则上, 主回路的额定短路持续时间不能超过其串联元件中最薄弱元件的相应额定值。但是, 对于每个回路或高压隔室, 可以采用限制短路电流持续时间的装置, 如限流熔断器。

5.8.102 接地回路的额定短路持续时间(t_{ke})

对于接地回路应规定额定短路持续时间(t_{ke}), GB/T 11022—2011 的 4.8 适用。该值可不同于主回路的值。

5.8.103 低压开关设备和控制设备及低压连接的额定短路持续时间

对于低压开关设备和低压连接应规定额定短路持续时间, GB/T 7251.1—2013 的 5.3.4 适用。

5.8.104 变压器的额定短路持续时间

见 GB/T 1094.5—2008 和 GB/T 1094.11—2007。

5.9 合、分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压(U_a)

对于高压开关设备和控制设备, 见 GB/T 11022—2011 的 4.9。

对于低压开关设备和控制设备, 见 GB/T 7251.1—2013。

5.10 合、分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率

对于高压开关设备和控制设备, 见 GB/T 11022—2011 的 4.10。

对于低压开关设备和控制设备, 见 GB/T 7251.1—2013。

5.11 可控压力系统用压缩气源的额定压力

对于高压开关设备和控制设备, GB/T 11022—2011 的 4.11 适用。

5.12 绝缘和/或开合用的额定充入水平

对于高压开关设备和控制设备, GB/T 11022—2011 的 4.12 适用。

5.101 额定最大容量和外壳级别

5.101.1 额定最大容量

预装式变电站的额定最大容量取决于设计变电站时指定的变压器的最大额定容量和额定总损耗(GB/T 1094.1—2013 或 GB/T 1094.11—2007 中定义的)。

5.101.2 额定外壳级别

额定外壳级别是与预装式变电站额定最大容量相对应的外壳级别。

通常采用额定外壳级别、变压器温升和运行条件来决定变压器的负荷系数(参见附录 C)。

有六个额定外壳级别:级别 5、10、15、20、25 和 30,分别对应于 5 K、10 K、15 K、20 K、25 K 和 30 K 变压器的最大温升差值(见图 101 和图 102)。

注:对应于变压器不同的容量和损耗,制造厂对同一外壳可以指定几个级别。这些附加的级别应经 7.5 的试验验证(也见 9.103)。

5.102 高压侧内部电弧等级(IAC)的额定值以及低压侧电弧情况下保护等级的额定值

5.102.1 概述

如果:

- 制造商规定了对应于高压侧的 IAC 等级;
- 或制造商规定了对应于低压侧在电弧情况下的保护等级;
- 或预装式变电站安装在一般公众可接近区域(如居民区等)。

则应规定若干额定值。这些额定值细分为可触及性的型式、电弧等级、电弧故障电流和电弧故障持续时间等。

对于安装在一般公众可接近区域的预装式变电站,应规定与设备布置相对应的高压侧的 IAC 等级和低压侧电弧情况下的保护等级。

5.102.2 高压侧内部电弧等级(IAC)

5.102.2.1 可触及性的型式(A,B,AB)

在内部电弧的情况下考虑下列三种保护方式:

- A 类可触及性:对在变电站内或高压侧前面进行正常操作的提供者提供保护的变电站;

注 1:为了验证对提供者提供的保护,按照操作模式的不同,对两种变电站进行了区分:

- a) 从内部操作的变电站:授权人员在变电站内部操作,同时变电站的门打开;
- b) 从外部操作的变电站:授权人员在变电站的高压侧操作,同时变电站的门打开。

- B 类可触及性:对在任意时间出现在其周边所有侧面的一般公众提供保护的变电站;

注 2:为了获得该等级资格,认为变电站的所有门都关闭的情况下所有侧面的可触及是不受限制的,不考虑变电站的操作模式(从内部或外部)。

- AB 类可触及性:对操作者和一般公众都提供保护的变电站。

为了获得该等级资格,变电站应在相同的试验电流(单位为 kA)和持续时间(单位为 s)的条件下,同时满足 A 类和 B 类可触及性的要求。

5.102.2.2 额定电弧故障电流(I_A , I_{Ae})

额定电弧故障电流的标准值应从 GB/T 762—2002 规定的 R10 数系中选取。

电弧故障电流分为两个额定值:

- a) 三相电弧故障电流(I_A);
- b) 单相对地电弧故障电流(I_{Ae}),适用时。

如果仅规定了三相额定值,那么默认单相额定值为三相额定值的87%,并且不需要规定。

注1:单相对地电弧故障电流额定值适用的高压开关设备和控制设备隔室由制造厂规定。具有该规定值的隔室,其结构应经过试验验证,不会形成多相电弧故障。

注2:87%的基本原理是两相起弧的电弧故障试验,参见9.104.6。

在所有高压隔室都仅设计为单相对地电弧故障的情况下, I_A 的额定值无需规定。

注3:表103给出了中性点接地类型和单相对地电弧故障电流之间的关系。

5.102.2.3 额定电弧故障持续时间(t_A, t_{Ae})

三相电弧故障持续时间(t_A)的标准推荐值为0.1 s、0.5 s和1 s。

如果适用,单相对地电弧故障持续时间(t_{Ae})应由制造厂规定。

注:通常不可能计算出不同于试验中采用的电流所对应的允许电弧持续时间。

5.102.3 低压侧在电弧情况下的保护等级

5.102.3.1 按保护特性分类

按电弧情况下的特性,制造商可将低压成套开关设备分为:

- 电弧等级A:通过符合GB/T 18859—2016的8.7中准则1)~5)电弧条件的电弧试验区和电弧引燃防护区(如果有)提供电弧情况下人员保护的低压成套开关设备;
 - 电弧等级B:通过符合GB/T 18859—2016的8.7中准则1)~6)电弧条件的电弧试验区和电弧引燃防护区(如果有)提供电弧情况下人员和低压成套开关设备保护的低压成套开关设备;
 - 电弧等级C:通过符合GB/T 18859—2016的8.7中准则1)~7)带有限操作的电弧条件的电弧试验区和电弧引燃防护区(如果有)提供电弧情况下人员和低压成套开关设备保护的低压成套开关设备;
 - 电弧等级I:仅通过电弧引燃防护区的方式降低电弧故障风险的低压成套开关设备。
- 低压连接线的保护特性分类应与所连接的低压成套开关设备的保护特性分类保持一致。
- 低压侧的保护特性分类与所配装的低压成套开关设备的保护特性分类保持一致。

5.102.3.2 按接近的人员分类

按接近预装式变电站低压侧的人员种类,低压侧可分为:

- 限制接近(默认布置);
- 非限制接近(特殊布置)。

当考虑低压成套开关设备的电弧故障防护时,首要适用的防护措施应为将低压成套开关设备放置在仅限制于被授权人员接近的区域。除非用户和制造商达成特殊协议,否则限制接近适用。

注:不推荐由一般公众操作符合GB/T 7251.12—2013的低压成套开关设备,尽管它们对于一般公众是可接近的,例如当它们安装在不带任何补充安全措施和/或规则的一般工作场所内时。

5.102.3.3 预装式变电站低压侧特性

仅带电弧引燃防护区的预装式变电站低压侧:

低压成套开关设备类别:电弧等级I。

如果低压成套开关设备依据GB/T 18859—2016做过电弧故障试验,制造商应给出下列特性:

- a) 低压成套开关设备额定工作电压(U_e);
- b) 低压成套开关设备类别(电弧等级A、电弧等级B或电弧等级C)。

c) 电弧等级 B 和电弧等级 C 的低压成套开关设备的限定区域(例如柜架单元),内部电弧故障的影响被限制在该区域。

1) 如果电弧持续时间被非限流器(低压成套开关设备内部或上游),和/或不限制弧电流的电弧抑制器限制,应说明下列附加特性:

——电弧情况下允许短路电流($I_{p\ arc}$);

——允许电弧持续时间(t_{arc})。

注 1: 电弧情况下允许短路电流可以比短时耐受电流(I_{cw})小。

2) 如果电弧持续时间和弧电流被限流保护器(低压成套开关设备内部或上游),和/或弧电流限制电弧抑制器限制:

——电弧情况下允许限制短路电流($I_{p\ arc}$)。

——应在试验报告中说明电路保护必要的限流器或弧电流限制电弧抑制器的特性和设置。

注 2: 电弧情况下允许限制短路电流可小于额定限制短路电流(I_{cc})。

3) 如果电弧的持续时间因为低压成套开关设备设计为不需保护器操作的电弧自熄而被限制(见 GB/T 18859—2016 的 8.6.3):自熄电弧情况下允许短路电流($I_{ps\ arc}$)。

注 3: 低压成套开关设备不同部分设置不同的特性 1)、2)或 3)。

6 设计和结构

6.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 5 章不适用,并用下述代替:

预装式变电站应设计成能够安全地进行正常使用、检查和维护。此外,预装式变电站的设计和制造应使得未经授权的触及风险最小。尤其应注意铰链、通风口的盖板、联锁机构等的设计和制造。

变电站的设计应考虑不同元件运行中可能的相互影响(如:电气的、机械的和热的影响)。

所有元件应符合各自相关的国家标准。

特别是:

——变压器按照 GB/T 1094.1—2013、GB/T 1094.11—2007 或 IEC 60076-13:2006;

——高压开关设备和控制设备按照 GB/T 3906—2020;

——低压开关设备和控制设备按照 GB/T 14048.1—2012 和 GB/T 7251.1—2013。

6.2 对开关设备和控制设备中液体的要求

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.1。

6.3 对开关设备和控制设备中气体的要求

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.2。

注:对 SF₆ 的处理参见 GB/T 28537—2012。

6.4 预装式变电站的接地

GB/T 11022—2011 的 5.3 不适用,并用下述代替:

应提供一个将预装式变电站的所有不属于主回路和/或控制/辅助回路的金属部件接地的主接地导体系统。每个元件通过单独的回路与主接地导体相连。

如果外壳的金属框架、水泥的金属加强筋是金属螺栓连接或焊接的,也可以作为主接地导体系统使用。

附录 D 给出了接地系统的典型示例。

在系统的中性点接地条件下,主接地导体系统应能够耐受从预装式变电站的每个部件到外部接地连接的额定短时和峰值耐受电流。

注 1: 通常,如果整个预装式变电站用的接地导体的横截面积足够大,上述要求可以满足。作为导则,如果接地导体是铜质的,在规定的接地故障条件下,当额定短路持续时间为 1 s 时,其中的电流密度不超过 175 A/mm^2 ;当额定短路持续时间为 2 s 时,其中的电流密度不超过 125 A/mm^2 ;当额定短路持续时间为 3 s 时,其中的电流密度不超过 110 A/mm^2 ;当额定短路持续时间为 4 s 时,其中的电流密度不超过 95 A/mm^2 。

注 2: 导体横截面积的计算方法见 GB/T 3906—2020 的附录 C。

接地回路通常设计成只能耐受一次额定短时耐受电流,经过这样的事件后可能需要维护。

如果预装式变电站的接地回路采用了专门的接地导体,那么其横截面积不应小于 30 mm^2 。

接地系统在承受了短路电流产生的热和机械应力作用后,应保证其连续性并应进行适当的测量以避免腐蚀、螺栓松动等。

注 3: 用户可建立定期的或者短路电流流经接地系统后检查接地系统所有部件(内部的和外部的)完整性的程序。

连接到接地回路的元件应包括:

- 预装式变电站的外壳,如果是金属的;
- 高压开关设备和控制设备的外壳,如果是金属的,从其接地端子处连接;
- 高压电缆的金属屏蔽及接地导体;
- 变压器的箱体或干式变压器的金属框架;
- 低压开关设备和控制设备的框架和/或外壳,如果是金属的;
- 自控和遥控装置的接地导体。

如果预装式变电站的外壳是金属的,该外壳的盖板、门和其他可触及的金属部件应设计成从其自身到预装式变电站的主接地点,能够在承载 30 A(直流)电流时电压降不超过 3 V。在预装式变电站的周围应提供足够的接地措施,以防止危险的接触电压和跨步电压。

如果预装式变电站的外壳不是金属的,除非存在带电部件和该外壳的盖板、门和其他可触及金属部件接触的危险,否则没有必要将其与接地回路连接。

6.5 辅助和控制设备

对于预装式变电站内的低压装置(例如照明、辅助电源等),如果适用,见 GB/T 16895.21—2011 或 GB/T 7251.1—2013。

6.6 动力操作

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.5。

6.7 储能操作

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.6。

6.8 不依赖人力或动力的操作(非锁扣的操作)

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.7。

6.9 脱扣器的操作

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.8。

6.10 低压力和高压力闭锁以及监测装置

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.9。

6.11 铭牌

GB/T 11022—2011 的 5.10 不适用,并用下述代替:

每台预装式变电站应提供耐久和清晰易读的铭牌,铭牌至少应包括下列内容:

- 制造厂名或商标;
- 型号;
- 出厂编号;
- 质量(kg);
- 外壳级别;
- 外壳的防护等级;
- 内部电弧标识,适用时;
- 本标准的编号;
- 制造日期。

高压开关设备和控制设备、电力变压器、低压开关设备和控制设备的额定值应按照其各自的产品标准,用不同的铭牌给出。

6.12 联锁装置

GB/T 11022—2011 的 5.11 不适用,并用下述代替:

联锁应保证设备正确的操作顺序,以便于将人员的风险和设备的损坏最小化。联锁可以是电气的或机械的。电气联锁的设计应确保在丧失电源情况下的安全性。

6.13 位置指示

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.12。

6.14 外壳提供的防护等级

6.14.1 概述

GB/T 11022—2011 的 5.13 适用,并作如下补充:

外壳应提供符合 6.14.2~6.14.4 的防护等级。

6.14.2 防止人体接近危险部件的防护和防止固体外物进入设备的防护(IP 代码)

预装式变电站外壳对人体和设备提供的防止接近主回路、控制和/或辅助回路的危险部件和任何危险的运动部件以及防止固体外物进入的最低防护等级应为 GB/T 4208—2017 中规定的 IP2XD。更高的防护等级可以按 GB/T 4208—2017 予以规定。

对于间隔(隔室)型预装式变电站,可以对外壳相应于每个隔室的每一部分确定防护等级。

注:当预装式变电站/隔室的门打开(例如,操作或检查等)时,预装式变电站的防护等级有可能降低。可能需要采取其他预防措施来防止人员触及危险部件,以满足 GB/T 36271.1—2018 的 8.1 的安全措施。

6.14.3 防止水进入的防护(IP 代码)

预装式变电站外壳对防止水进入规定的最低防护等级应为 GB/T 4208—2017 中规定的 IPX3。更高的防护等级可以按 GB/T 4208—2017 予以规定。

对于间隔(隔室)型预装式变电站,可以对外壳相应于每个隔室的每一部分确定防护等级。

6.14.4 在正常使用条件下防止设备受到机械撞击的防护(IK 代码)

在面板、门和通风口上的外部机械撞击的撞击能量为与防护等级 IK10 相应的 20 J。大于该值的意外机械撞击(例如,车辆的碰撞)未包含在本标准中,但应予以防止,如果需要,可在预装式变电站外部及周围采取其他措施。

6.15 爬电距离

对于高压开关设备和控制设备及高压连接,见 GB/T 11022—2011 的 5.14。

对于低压开关设备和控制设备及低压连接,见 GB/T 7251.1—2013 的 8.3.3。

6.16 气体和真空的密封

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.15。

6.17 液体的密封

对于高压开关设备和控制设备,见 GB/T 11022—2011 的 5.16。

6.18 火灾危险(易燃性)

GB/T 11022—2011 的 5.17 不适用,并用下述代替:

预装式变电站外壳的防火性能参见 6.104.2。

6.19 电磁兼容性(EMC)

对于高压开关设备和控制设备,GB/T 11022—2011 的 5.18 适用。

对于低压开关设备和控制设备,GB/T 7251.1—2013 的 9.4 适用。

预装式变电站的发射和抗干扰特性由其带电部件给出。

6.20 X 射线

对于高压开关设备和控制设备,GB/T 11022—2011 的 5.19 适用。

6.21 腐蚀

对于高压开关设备和控制设备,GB/T 11022—2011 的 5.20 适用。

6.101 预装式变电站对机械应力的防护

预装式变电站的外壳应有足够的机械强度,并应耐受以下的负荷:

a) 顶部负荷:

最小值为 $2\,500\text{ N/m}^2$ (垂直负荷或其他负荷);

如果预装式变电站安装在可能出现更高负荷的地点(例如,位于机动车交通区域的地下变电站、雪负荷等),则应予以考虑,且适用时,按照国家或地方相关方面的法规或者用户的技术要求。

雪负荷根据当地气候条件确定。

b) 外壳上的风负荷:

风负荷按照 GB/T 11022—2011 的 2.2.2。

6.102 归因于内部缺陷的环境保护

在内部缺陷导致有害液体(例如,变压器的油、开关设备的油)从设备中流出的情况下,应采取措施

以防止有害液体对土壤的污染。

如果使用一个或几个收集箱作为外壳的一部分,它们的容积至少应为:

- 对于每一个单独的箱体:其容积至少应为有害液体收集部件(例如,变压器、开关设备等)的总容积;
- 对于一个公用箱体:其容积至少应为最大有害液体收集部件(例如,变压器、开关设备等)的总容积。

6.103 内部电弧故障

满足本标准要求设计的预装式变电站原则上能够防止内部电弧故障的出现。

为了达到此目标,预装式变电站的制造厂应保证正确地制造并通过按照第 8 章进行出厂试验来验证。其次,用户应根据电网特性、操作程序和运行条件(见第 9 章)进行适当的选择。

如果按照制造厂提供的说明书进行预装式变电站的安装、操作和维护,在整个使用寿命期间,出现内部电弧故障的概率应很小,但不能完全忽视。

在预装式变电站中,由缺陷、异常使用条件或误操作造成的故障会引发内部电弧,如果有人在场,可能会构成危害。故障可能出现在变电站的任一部分。但是,由于变压器的标准中没有规定内部电弧试验程序,因此,本标准中仅考虑了高压侧(金属封闭高压开关设备和控制设备以及高压连接线)和低压侧(低压开关设备和控制设备及低压连接线)在外壳内出现的故障(见 7.102)。

对于预装式变电站的低压侧,如果满足下列条件,则认为低压侧电弧引燃防护区内的部分电路是电弧引燃防护区:

- 每条主电路的所有带电部分由固体绝缘或绝缘障碍分别保护;
- 绝缘符合 GB/T 7251.12—2013 中定义的电气的、热的和机械的要求;
- 绝缘材料和绝缘保护区的结构方式满足 GB/T 18859—2016 中 6.2 介电试验的要求;
- 固体绝缘依照 GB/T 4208—2017 的 IP4X 提供进入防护,以使得外来物体不能与带电导体接触;
- 绝缘障碍依照 GB/T 4208—2017 的 IP3XD 提供阻止与带电导体接触的防护。

对于预装式变电站的低压侧,按照 GB/T 18859—2016 的要求,成功通过试验的预装式变电站低压侧可按本标准 5.102.3 进行分类。

对于预装式变电站的高压侧,考虑到这种危害,应区分操作人员和一般公众。操作人员可以在预装式变电站的内部(如果从内部操作)或者在其正面(如果从外部操作)。但是,一般公众可能在任何时间位于预装式变电站的周围。一般公众永远不会处于预装式变电站的内部或者在门打开进行操作(如果从外部操作)时处于距预装式变电站操作侧非常近的位置。这些区域应考虑成为仅限于操作人员触及的区域。

可能要求在内部电弧故障情况下,对一般公众和/或操作人员提供防护方面设计的有效性的证据。这些证据应通过按照 7.102 及附录 E 对预装式变电站进行试验获得。成功通过试验的预装式变电站高压侧可划为 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 类。

在出现内部电弧的情况下,可能存在某些具有毒性的气体。但是,在此情况下开关室的人员撤离是强制的,因此不会危及操作人员的安全。随后,在重新进入以前应对小室通风。

高压侧和低压侧均成功通过试验的预装式变电站可划分为内部电弧级的预装式变电站(IAC 级的预装式变电站)。

6.104 外壳

6.104.1 概述

外壳应满足下列条件:

- 防护等级应满足本标准的 6.14；
- 用非导电材料制成的外壳的部分应满足特定的绝缘要求,验证符合性的试验在 7.2.101.2.2 中规定；
- 应采取各种措施以避免在按制造厂的说明进行运输或装卸时外壳发生变形；
- 应提供保证安全运行的设施,例如打开门或在需要时卸下面板来改变变压器的分接头或进行检查；
- 预装式变电站的冷却宜采用自然通风；

注：本标准以自然通风设计为初衷。预装式变电站采用其他冷却方式(例如强制冷却),需经制造厂和用户协商同意。如可以通过在外壳底部吹入新鲜空气或从顶部排出热空气来实施强制冷却。需注意避免进风口和出风口之间有任何的捷径,因为这会降低通风系统的效率。

- 允许元件的部分外壳成为变电站外壳的一部分。在这种情况下,该部分应同时满足本标准和元件的相关产品标准的适用要求。

6.104.2 防火性能

6.104.2.1 概述

在预装式变电站外壳结构中使用的材料,应具备下述防止在预装式变电站内部或外部着火时的最低性能水平。

这些材料应是不可燃的,若使用合成材料,则应符合 6.104.2.3。

注 1：在防火性能上,只考虑了材料对火的反应。至于耐火性,由制造厂和用户间协议来考虑。

注 2：由于美学方面的原因,可能采用的附加表面处理材料无法满足不可燃性试验。这些材料一般不作为预装式变电站外壳结构的一部分。

6.104.2.2 传统材料

下列材料适用于预装式变电站且被认为是不可燃的：

- 混凝土；
- 金属(钢、铝等)；
- 石膏；
- 玻璃纤维或岩棉。

6.104.2.3 合成材料

合成材料制成的外壳的使用需遵循制造厂和用户之间达成的协议。

如果双方同意,合成材料应按 ISO 1182:2010 和 ISO 1716:2018 进行试验。特性应符合表 101 中的要求。

表 101 合成材料特性

| 特性 | 要求值 | 标准 |
|----------------------|-----------|---------------|
| 燃烧的 PCS 净热量/(MJ/kg) | ≤ 3 | ISO 1716:2018 |
| 温升(T)/K | ≤ 50 | ISO 1182:2010 |
| 质量损耗(Δm)/% | ≤ 50 | ISO 1182:2010 |
| 燃烧时间(t_f)/s | 20 | ISO 1182:2010 |

6.104.2.4 其他材料

制造厂应证明所使用的材料的不可燃性,它们至少应等效于 6.104.2.3。

6.104.3 腐蚀

6.104.3.1 概述

外壳可以由不同材料(混凝土、金属、合成材料等)制成。如果按照制造厂的说明书进行了维护,外壳材料在其预期的使用寿命期间,且在环境条件下(见第 4 章)应不会劣化。

可以采用附加的涂层或表面处理。

可以采用适用的标准评价这些处理的性能。

GB/T 2423 系列标准给出了环境试验程序和试验严酷度方面的信息。

材料涂层和油漆的性能应由制造厂说明。附录 F 中给出了附加的信息。

如果外壳是主接地导体系统的一部分,为了保持在其预期的寿命期间的载流能力,应采取措施防止接地回路中元件和接触表面的腐蚀。

6.104.3.2 混凝土

混凝土应防止水的浸入、炭化、霜冻、氯化物的扩散效应以及化学侵蚀。

适用时可以采用油漆或拉毛墙面。黏着力、老化(湿热)和抗磨损性应予以考虑。

6.104.3.3 金属

应通过采用适当的材料或者对于暴露的表面采用适当的涂层来防止金属腐蚀。附加材料在附录 F 的 F.1.1 和 F.1.2 中给出。制造厂应仔细考虑材料的腐蚀特性。

6.104.3.4 合成和复合材料

老化(干热和湿热)和紫外线辐射应予以考虑。此外,这些材料可以通过适当的涂层和油漆来防护。

6.104.4 面板和门

面板和门是外壳的一部分。当它们关上时,应提供对外壳规定的防护等级。当通风口放在面板或门上时,见 6.104.5。

根据进入预装式变电站隔室的方式,把面板和门分成两类:

- a) 正常操作时需要开启的可移开的面板、门,开启和移开时不需要工具。除非人员的安全已通过合适的联锁装置来保证,否则,此类面板或门上应装锁。
- b) 所有其他的面板、门或顶板。它们应装锁,或在用于正常操作的门打开之前,它们不能被开启或移开。打开或移开它们需要工具。

门应能向外打开至少 90° ,并备有定位装置使它保持在打开位置。门顶部装有横向铰链的情况下,最小打开角度应为 90° 。地面下安装的预装式变电站要有一个供进出的舱门,为运行人员和行人提供安全保障。该舱门应能由一个人操作。

当操作人员在预装式变电站内部或者从预装式变电站的外部对设备进行操作时,应有可靠装置锁定舱门防止其关闭。

6.104.5 通风口

通风口或通风隔室(包括隔板)的设置或遮护,应使它具有与外壳相同的防护等级(IP 代码和 IK 代码)。

只要 IK 等级得以保证,通风口可以用金属网或类似材料制作。

6.104.6 隔板

如果隔板有防护等级(IP 代码)要求,应按 GB/T 11022—2011 的表 7 规定。如果有机械撞击的防护等级(IK 代码)要求,应按 GB/T 20138—2006 规定。

6.105 其他规定

6.105.1 关于电缆绝缘试验的规定

为了安全地进行电缆的绝缘试验,应给高压开关设备 and 控制设备的高压连接隔室和/或电缆的试验点提供足够的空间并采用适当的连接方法。

6.105.2 附件

应有足够的空间存放附件,例如接地装置、操作手柄等。

6.105.3 操作通道

预装式变电站内部的操作通道的宽度应适于进行任何操作和维护。该通道的宽度应为 800 mm 或更大些。预装式变电站内部的开关设备 and 控制设备的门应朝操作通道的出口方向关闭或转动,如果是转动的门不应减小通道的宽度。在任一开启的固定位置的门或开关设备 and 控制设备突出的机械传动装置不应将通道的宽度减小到 500 mm 以下。

6.105.4 标牌

警告用和载有制造厂使用说明等的标牌,以及按相关标准和法规应设置的标牌,应是耐久和清晰易读的。

6.106 声发射

变压器是主要声源。另外,高压和低压开关设备及控制设备的相关标准中对此问题未做要求,且高压和低压元件对于变电站声级的直接影响原则上被认为是可以忽略的。但是,如有要求,应按照 GB/T 1094.10—2003 在完整的预装式变电站上确定声级水平,并应考虑高压和低压开关设备及变压器外壳之间的任何可能的相互作用(见附录 G)。

6.107 电磁场

对运行中的预装式变电站产生的电磁场可能需要评估,以便:

- 协助规划、安装、操作指导和运行;
- 采取措施以满足电磁场的要求或规定。

如果要求对预装式变电站的电磁场进行评估,则应按 GB/T 33977—2017 的方法进行。

7 型式试验

7.1 总则

7.1.1 概述

GB/T 11022—2011 的 6.1.1 适用,并作如下补充:

原则上,型式试验应在一台完整的、由各种元件组成的预装式变电站的典型结构上进行。预装式变

电站中的元件应是按相应的标准(见第2章)通过型式试验的产品。

由于元件的类型、额定值和可能的组合方式多种多样,要在预装式变电站所有可能的结构上都进行型式试验是不实际的。任何特定结构的性能可以用可比结构的试验数据来验证。

应注意预装式变电站的任一试验参数均无负偏差。

型式试验的试品应与正式生产产品的图样和技术条件相符合,下列情况下,预装式变电站应进行型式试验:

- a) 新试制的产品,应进行全部型式试验;
- b) 转厂及异地生产的产品,应进行全部型式试验;
- c) 当产品的设计、工艺或生产条件及使用的材料发生重大改变而影响到产品性能时,应进行相应的型式试验;
- d) 正常生产的产品每隔8年应进行一次绝缘试验、温升试验、接地回路的短时耐受电流和峰值耐受电流试验、检验能满足操作的功能试验;
- e) 不经常生产的产品(停产3年以上),再次生产时应按d)的规定进行验证试验;
- f) 对系列产品或派生产品,应进行相关的型式试验,部分试验项目可引用相应的有效试验报告。

型式试验和验证项目如下:

强制的型式试验:

- a) 验证预装式变电站绝缘水平的试验(7.2);
- b) 验证预装式变电站中主要元件的温升试验(7.5);
- c) 验证主回路和接地回路承受额定峰值和额定短时耐受电流能力的试验(7.6);
- d) 验证防护等级的试验(7.7);
- e) 验证预装式变电站外壳耐受机械应力的试验或计算(7.101);
- f) 辅助和控制回路的附加试验(7.10);
- g) 检验能满足操作的功能试验(7.104);

适用时,强制的型式试验:

- h) 对于IAC级的预装式变电站,内部电弧故障试验(7.102);
- i) EMC试验(7.9);

可选的型式试验(根据制造厂和用户之间的协议):

- j) 验证预装式变电站声级的试验(附录G);
- k) 测量或计算预装式变电站产生的电磁场(7.103)。

型式试验可能使一些部件损坏,妨碍其继续投入使用。因此,用于型式试验的样品在没有制造厂和用户的协议之前不应投入使用。

7.1.2 试验的分组

GB/T 11022—2011的6.1.2适用,并作如下修改:

7.1.1中强制的型式试验[不包括f)项和h)项]应最多在4台样品上完成。

7.1.3 确认试品需要的资料

GB/T 11022—2011的6.1.3适用。

7.1.4 型式试验报告中包括的信息

GB/T 11022—2011的6.1.4适用,并作如下补充:

有关内部电弧故障试验的报告参见7.102.6。

7.2 绝缘试验

7.2.1 概述

由于预装式变电站包含的高压开关设备和控制设备、电力变压器、低压开关设备和控制设备等已按相应标准进行了型式试验,7.2 只适用于元件间的内部连接线。因此,设备应进行的绝缘试验如下:

- 高压开关设备和变压器之间的连接;
- 低压开关设备和变压器之间的连接。

7.2.2 试验时的周围空气条件

GB/T 11022—2011 的 6.2.2 适用。

7.2.3 湿试程序

GB/T 11022—2011 的 6.2.3 不适用。

7.2.4 绝缘试验时开关设备和控制设备的状态

GB/T 11022—2011 的 6.2.4 不适用,参见 7.2.101。

7.2.5 通过试验的判据

对于高压连接线,GB/T 11022—2011 的 6.2.5 适用,并作如下修改:

GB/T 11022—2011 的 6.2.5 a)的第二段有关湿试的内容不适用。

7.2.6 试验电压的施加和试验条件

GB/T 11022—2011 的 6.2.6 不适用,参见 7.2.101.2。

7.2.7 $U_r \leq 252 \text{ kV}$ 的开关设备和控制设备的试验

对于高压连接线,GB/T 11022—2011 的 6.2.7 适用,并作如下修改:

试验应在 GB/T 11022—2011 表 1 给出的施加电压下进行。对于相对地及相间的试验电压应使用栏(2)和栏(4)中的值。

7.2.8 $U_r > 252 \text{ kV}$ 的开关设备和控制设备的试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.8 不适用。

7.2.9 户外绝缘子的人工污秽试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.9 不适用。

7.2.10 局部放电试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.10 不适用。

预装式变电站中使用的元件应满足其相关标准中局部放电试验的要求。

7.2.11 辅助和控制回路的绝缘试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.11 适用。

7.2.12 作为状态检查的电压试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.12 不适用。

7.2.101 高压连接线的试验

7.2.101.1 通用条件

当高压连接线是由和通过型式试验的带接地屏蔽的接头相连的高压电缆,或是由和其他型式的端子(该端子在预装式变电站的安装条件下,在高压开关设备和变压器高压侧均已通过型式试验)相连的高压电缆组成时,不需进行绝缘试验。

在所有其他情况下,高压连接线应按 7.2.101.2~7.2.101.4 进行绝缘试验。

进行绝缘试验时,可以将变压器用能重现变压器套管的电场结构的复制品代替。

进行试验时,高压连接线通过高压开关设备连接到试验电源。只有串联在电源回路中的开关装置处于合闸位置,所有其他开关装置都处于分闸位置。

绝缘试验期间,电压限制装置应断开。

电流互感器的二次端子应短路并接地。电压互感器一次侧应断开。

7.2.101.2 试验电压的施加

7.2.101.2.1 施加在高压连接线上

施加电压时,应将主回路每相的导体依次连接到试验电源的高压端子。主回路和辅助回路的所有其他导体应连接到框架的接地导体上,并和试验电源的接地端子相连。

当使用非接地屏蔽的高压连接线时,非导电材料也应耐受 7.2.101.4 规定的试验电压。应使用 GB/T 1408.1—2016 中规定的方法进行试验以满足相关要求。

7.2.101.2.2 对于非导电材料的外壳

如果预装式变电站的外壳是非导电材料制成的,在高压连接线的非接地屏蔽的带电部件与变电站外壳的可触及表面之间的绝缘应耐受 7.2.101.3 和 7.2.101.4 规定的试验电压。为了检验这一符合性,应在变电站外壳可触及的一侧覆盖一个接地的圆形或方形的金属箔,金属箔的面积应尽可能地大,但不超过 100 cm²。金属箔应放在对试验最不利的位置,如果对何处最为不利有怀疑,则试验应在不同的位置上重复进行。

在高压连接线的非接地屏蔽的带电部件与相对的外壳内表面之间应耐受 150% 预装式变电站的额定电压 1 min。为了检验这一符合性,应在朝向非接地屏蔽连接线的内表面覆盖一个接地的金属箔。

应采用 GB/T 1408.1—2016 中规定的方法进行试验以满足相关的要求。

7.2.101.3 雷电冲击电压试验

高压连接线应按照 GB/T 11022—2011 的 6.2.7.3 承受雷电冲击电压试验,并作如下补充:

为了在试验中得到正确的波形,有必要断开或用模型替代电力变压器。

雷电冲击电压试验期间,冲击发生器的接地端子应与预装式变电站外壳的接地导体相连。

7.2.101.4 工频电压耐受试验

高压连接线应在干状态下按照 GB/T 11022—2011 的 6.2.7.2 承受 1 min 工频电压耐受试验,并作如下补充:

为了避免试验时电力变压器磁化饱和,有必要断开或用模型替代电力变压器。

进行工频电压试验时,试验变压器的一端应接地并连接到预装式变电站的接地导体上。

7.2.102 低压连接线的试验

7.2.102.1 通用条件

当低压连接线部分或全部被非金属外壳覆盖时,在非金属外壳上应覆盖一个接地的圆形或方形金属箔,金属箔的面积应尽可能大地,但不应超过 100 cm^2 。金属箔应包覆在操作人员可能触及的所有表面上。

试验时,低压连接线通过低压开关设备连接到试验电源上。只有串联在电源回路中的开关装置处于合闸位置,所有其他的开关装置都处于分闸位置。

7.2.102.2 雷电冲击电压试验

低压连接线应进行雷电冲击电压试验。如果额定冲击电压按 5.3 来规定,试验电压为 GB/T 7251.1—2013 附录 G 中对Ⅳ类过电压类别给出的值。

限制过电压的设施应断开,试验应按 GB/T 17627.1—1998 进行。

每一极性应施加 $1.2/50\text{ }\mu\text{s}$ 冲击电压 5 次,最小间隔时间 1 s。

施加电压时,应将主回路每相的导体依次连接到试验电源的高压端子。主回路和辅助回路的所有其他导体应连接到接地导体或框架上,并和试验电源的接地端子相连。

试验中不应发生破坏性放电。

为了在试验中得到正确的波形,有必要断开或用模型替代电力变压器。

7.2.102.3 工频电压耐受试验

低压连接线应进行工频电压耐受试验。如果额定工频耐受电压按 5.3 来规定,试验电压为 GB/T 7251.1—2013 表 8 给出的值。

限制过电压的设施应断开,试验应按 GB/T 17627.1—1998 进行。

开始时施加的工频试验电压不应超过全试验电压值的 50%,然后将试验电压平稳增加到全试验电压值,并维持 5^{+2}_{-0} s 。

施加电压时,应将主回路每相的导体依次连接到试验电源的高压端子。主回路和辅助回路的所有其他导体应连接到接地导体或框架上,并和试验电源的接地端子相连。

试验中不应发生破坏性放电。

为了避免试验时电力变压器磁化饱和,有必要断开或用模型替代电力变压器。

7.2.102.4 爬电距离的验证

应测量相间、不同电压的回路导体间以及带电的和外露的导电部件间的最短爬电距离。对于不同的材料组合和污秽等级,测得的爬电距离应符合 GB/T 16935.1—2008 表 F.4 的要求。

7.3 无线电干扰电压(r.i.v)试验

GB/T 11022—2011 的 6.3 不适用。

7.4 回路电阻的测量

GB/T 11022—2011 的 6.4 不适用。

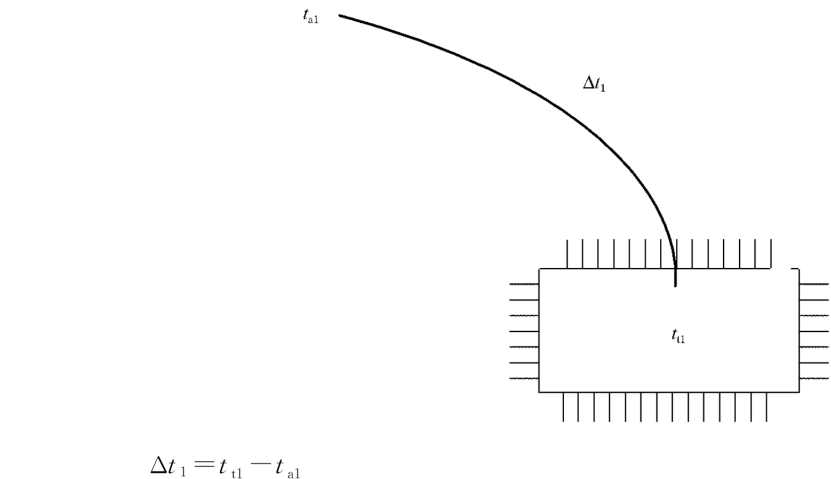
7.5 温升试验

GB/T 11022—2011 的 6.5 不适用,并用下述代替:

7.5.101 概述

本试验的目的是校验预装式变电站外壳设计的正确性,即能正常运行且不缩短预装式变电站内元件的预期寿命。如果因热效应而导致的绝缘劣化不超过允许的限值,则不会影响元件的预期寿命。根据温升试验的结果,可能有必要对元件降容使用。

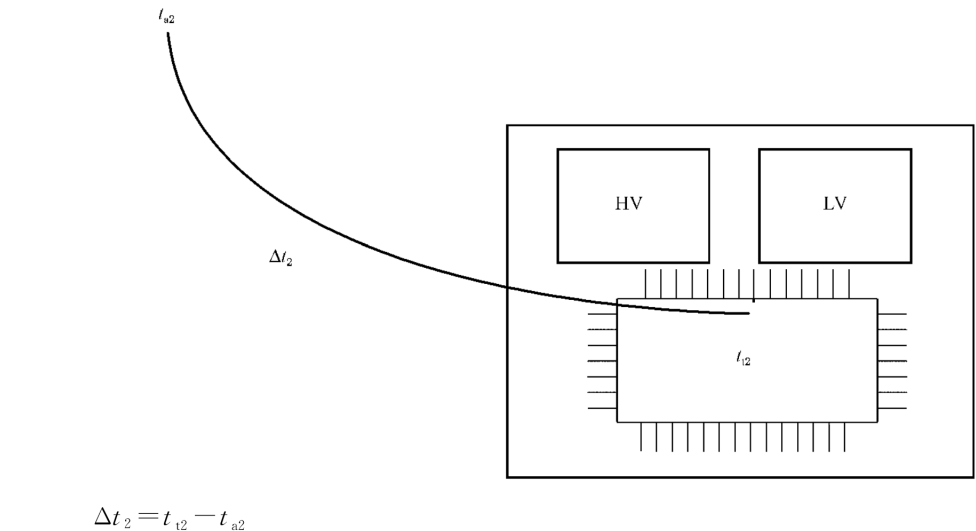
特别地,试验应证明:变压器在外壳内部的温升超过同一变压器在外壳外部测得的温升的数值,不应大于外壳级别规定的数值,例如,5 K、10 K、15 K、20 K、25 K 或 30 K。见图 101 和图 102。



说明:

- t_{a1} —— 实验室的周围空气温度;
- t_{t1} —— 按 GB/T 1094.2 和 GB/T 1094.11 测得的变压器温度;
- Δt_1 —— 变压器在外壳外面的温升。

图 101 在外壳外变压器温升 Δt_1 的测量



说明:

- t_{a2} —— 实验室的周围空气温度;
- t_{t2} —— 按 GB/T 1094.2 和 GB/T 1094.11 测得的变压器温度;
- Δt_2 —— 变压器在外壳内部的温升。

图 102 在外壳内变压器温升 Δt_2 的测量

外壳级别接受准则:

5 级: $\Delta t \leq 5 \text{ K}$;

10 级: $\Delta t \leq 10 \text{ K}$;

15 级: $\Delta t \leq 15 \text{ K}$;

20 级: $\Delta t \leq 20 \text{ K}$;

25 级: $\Delta t \leq 25 \text{ K}$;

30 级: $\Delta t \leq 30 \text{ K}$ 。

其中: $\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$

7.5.102 试验条件

外壳应完整,元件的布置和使用时的一样。门应关上,电缆接口处应按使用条件予以封闭。变压器的容量和损耗应与 5.101.1 定义的预装式变电站的额定最大容量对应的值。

变压器、高压连接线、低压连接线和低压开关设备的温升试验应同时进行。

高压开关设备的温升试验不要求。

注 1: 通常,实际中预装式变电站中的高压开关设备是在比其额定值低很多的电流(负荷)下运行的。考虑到这一点,在大多数情况下,运行在预装式变电站外壳内部引起的温度的额外提高不会对高压开关设备要求的载流能力有影响。

温升试验在室内进行,房间的大小、隔热或空气情况应保持室内的周围空气温度在 7.5.104.1 规定的周围空气温度范围之内。

环境应无明显的空气流动,受试设备发出的热量产生的空气流动除外。实际上,如果空气速度小于 0.5 m/s ,则认为达到了这一条件。

注 2: 对于地面下安装的预装式变电站,试验可在地面上进行。经验表明,与地面下的试验相比,温升的差别不显著。

7.5.103 试验方法

7.5.103.1 概述

根据安装于变电站中变压器的类型,需考虑两种情况:

——液浸式变压器;

——干式变压器。

7.5.103.2 液浸式变压器

7.5.103.2.1 概述

如果变电站安装的是液浸式变压器,那么可使用两种试验方法进行温升试验。

优选方法要求使用两个独立的电流源给变电站的高压侧和低压侧分别供电。

如果试验室只能提供一个电流源或变电站的设计不准许两个电流源的接线布置,那么可以使用替代方法。

7.5.103.2.2 优选方法

7.5.103.2.2.1 概述

该方法要求高压侧和低压侧分别使用不同的电源连接。

7.5.103.2.2.2 电源的连接

按下述规定连接电源:

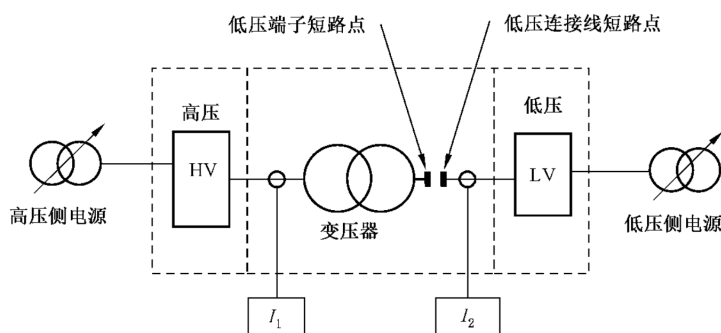
a) 高压侧

变压器和高压开关设备以及其出线(断路器或者具有正确额定值的熔断器)应予以连接,变压器的低压出线端子应予以短路,电源应与高压开关设备的进线端子连接(见图 103)。

b) 低压侧

低压侧的温升试验应按照 GB/T 7251.1—2013 的 10.10 以及下述要求进行。

应在尽可能地接近变压器端子处将低压连接线与变压器断开,在靠近变压器端子的一个方便的点上将低压连接线短路。试验电流应通过低压出线端施加到低压开关设备上。



说明:

I_1 ——使液浸式变压器产生额定总损耗的电流或干式变压器高压侧的额定电流;

I_2 ——变压器低压侧的额定电流。

图 103 优选的温升试验方法接线图

7.5.103.2.2.3 试验电流的施加

按下述规定施加电流:

a) 高压侧

在其参考温度下,变压器回路应通足够的电流来产生变压器的额定总损耗,可以采用 GB/T 1094.2—2013 中的方法。

该试验要求流过完整回路的电流比变压器高压侧的额定电流稍大,以便补偿变压器的空载损耗。

注: 试验期间,电阻可能随着变压器温度的变化而变化,因此,在整个试验期间试验电源的电流应随之变化,使得产生的损耗恒定等于变压器的总损耗。

b) 低压侧

低压回路的电流应等于受试变压器低压侧的额定电流。

该电源电流在低压出线中的分配应使得在发热方面是最不利的。

在出线装配有熔断器的情况下,试验时应与运行时一样装配熔断器。

7.5.103.2.3 替代方法

7.5.103.2.3.1 概述

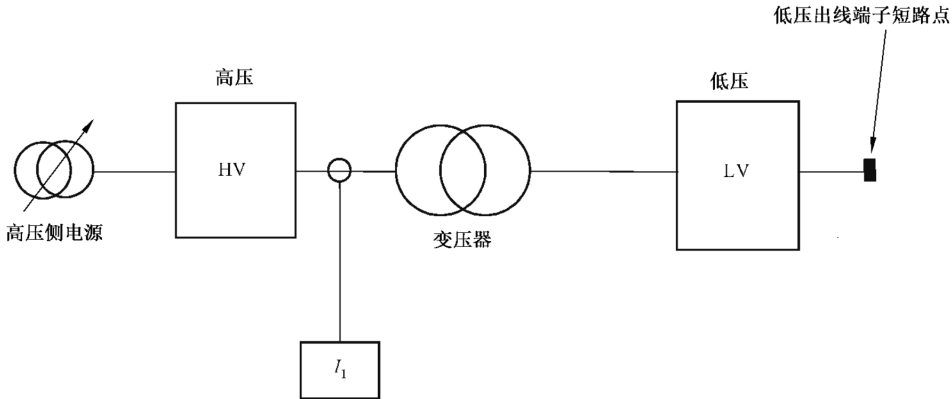
该方法仅要求一个单独的电流源。

7.5.103.2.3.2 电源的连接

高压开关设备、电力变压器以及低压开关设备、控制设备应连接在一起。低压开关设备、控制设备的出线端子应短路。电源应与高压开关设备、控制设备的进线端子连接(见图 104)。

7.5.103.2.3.3 试验电流的施加

应给变电站通足够的电流,以便通过采用 GB/T 1094.2—2013 中规定的方法来产生液浸式变压器在其参考温度下的额定总损耗。



说明:

I_1 ——使液浸式变压器产生额定总损耗的电流或干式变压器高压侧的额定电流。

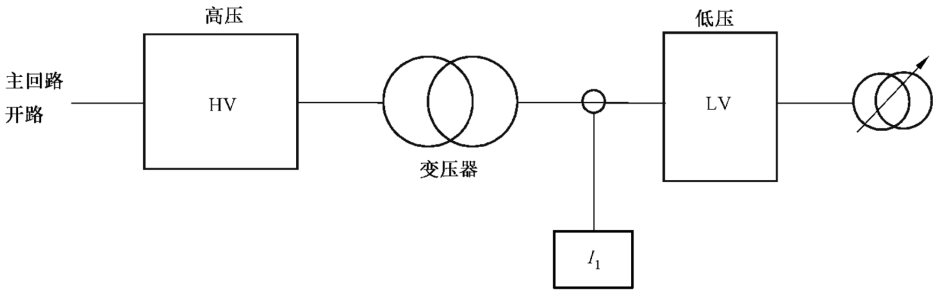
图 104 替代的温升试验方法接线图

7.5.103.3 干式变压器

对于装配干式变压器的预装式变电站,温升试验的试验方法应采用 GB/T 1094.11—2007 中描述的模拟负载的方法,由两个连续的步骤组成:

步骤 1:

在额定频率下通过低压开关设备的一路出线向变压器的低压绕组施加额定的运行电压(三相)。高压绕组连接到高压开关设备上,高压主回路开路(见图 105)。在绕组和铁芯达到热平衡后,可测量变压器各个绕组的温升。



说明:

I_1 ——变压器的空载电流。

图 105 温升试验开路试验接线图

步骤 2:

按照 7.5.103.2.2.2(图 103)或 7.5.103.2.3.2(图 104)的规定进行电源连接。

预装式变电站的高压侧施以电力变压器高压侧的额定电流,预装式变电站的低压侧施以电力变压器低压侧的额定电流。

当绕组和铁芯的温度达到稳定状态时,同时测量变压器各绕组、低压开关设备及连接线的温升。

完成上述两步后,可通过 GB/T 1094.11—2007 的 23.2.1 中给出的公式计算温升。

7.5.104 测量

7.5.104.1 周围空气温度的测量

周围空气温度是预装式变电站周围空气的平均温度(对封闭式变电站,指的是外壳外部的空气温度)。温度应在最后四分之一试验周期内,至少用4支温度计、热电偶或其他温度检测装置进行测量。这些测量装置放在载流导体的平均高度上,均匀分布在预装式变电站的四周,距预装式变电站约1 m处。对于地下变电站,这些测量装置应布置在通风口的中间高度处。温度计或热电偶应防止空气流动和不适当的热的的影响。为了避免温度快速变化引起的指示误差,温度计或热电偶可以放在装有大约500 mL油的小瓶内。

在最后的四分之一试验周期内,周围空气温度的变化在1 h内不应超过1 K。如因试验室不利的温度条件而无法满足,则可用处在相同条件下的一台相同的但不通电的预装式变电站的温度来代替周围空气温度。这台附加的预装式变电站不应承受不适当的热量。

试验时,周围空气温度应高于+10 °C,但低于+40 °C。在周围空气温度的这一范围内试验时,温升值不需修正。

7.5.104.2 变压器

应按照 GB/T 1094.2—2013 测量液浸式变压器的液面温升。应按照 GB/T 1094.11—2007 测量干式变压器绕组的平均温升(见 7.5.103.3)。

7.5.104.3 低压开关设备

应按照 GB/T 7251.1—2013 的 10.10 测量低压开关设备和控制设备的温升。

如果使用类似被试结构的其他结构,没有必要重复温升试验,除非低压侧的损耗高于被试结构,或者另有说明表示新的低压开关设备本身可能不在规定的温度限值内运行。

应测量低压连接线及其端子的温度和温升。

应测量电子设备(如果装有的话)安装处的空气温度。

7.5.104.4 高压开关设备

应测量高压连接线及其端子的温度和温升。

应测量电子设备(如果装有的话)安装处的空气温度。

7.5.105 合格判据

如果满足以下要求,则认为预装式变电站通过了温升试验:

- a) 变压器在外壳内和外壳外的温升均不应超过产品标准所规定的温升限值。变压器在外壳内部的温升与同一变压器在外壳外部的温升值之差,不大于预装式变电站的额定外壳级别规定的数值(见图 101 和图 102)。

判据:

$$\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$$

$$5 \text{ 级: } \Delta t \leq 5 \text{ K} \qquad 20 \text{ 级: } \Delta t \leq 20 \text{ K}$$

$$10 \text{ 级: } \Delta t \leq 10 \text{ K} \qquad 25 \text{ 级: } \Delta t \leq 25 \text{ K}$$

$$15 \text{ 级: } \Delta t \leq 15 \text{ K} \qquad 30 \text{ 级: } \Delta t \leq 30 \text{ K}$$

注: 只要同时也满足了判据 b、c 和 d,温升试验可用来确定外壳级别。

- b) 高压连接线及其端子的温升和温度不超过 GB/T 11022—2011 的 6.5.6 的要求。

- c) 低压连接线和低压开关设备的温升和温度不超过 GB/T 7251.1—2013 的 9.2 的要求。
- d) 预装式变电站外壳的温度和温升不超过 GB/T 11022—2011 中关于在正常运行期间可触及的部件的要求(见 GB/T 11022—2011 的表 3)。

7.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

7.6.1 高压和低压连接线

由于预装式变电站中的高压开关设备、电力变压器和低压开关设备已经按照相关的标准进行了型式试验,本条款仅适用于高压连接线和低压连接线。

已经进行过型式试验的高压连接线和低压连接线不需要试验,除非安装条件会影响到短路耐受特性。

没有进行过型式试验的高压连接线和低压连接线应按照下述程序进行试验:

——按照 GB/T 7251.1—2013 的程序,对完整的到变压器的低压连接施加试验电流来进行试验。试验时,支撑此连接的所有部件应按运行条件进行装配。

——按照 GB/T 11022—2011 的 6.6 的程序,对完整的到变压器的高压连接施加试验电流来进行试验。试验时,支撑此连接的所有部件应按运行条件进行装配。试验时,可以通过高压开关设备对连接线送电。

特别是当高压开关设备内部装有保护高压连接线的限流装置时,GB/T 3906—2020 的 7.6.1 a) 给出的规定适用。

7.6.2 接地回路

预装式变电站的接地导体系统应按照 GB/T 11022—2011 的 6.6 进行试验。主接地回路的元件单独进行过型式试验的不需要重复试验。

试验后,主接地导体和到元件的接地连接线有某些变形是允许的,但应保持接地回路的连续性。

外观检查通常足以判断是否已经保证了回路的连续性。

通常,如果已经证明设计是充分的,不需要对金属盖板及门到主接地导体的连接进行试验。但是,如有怀疑,则应从该点到主接地点之间,通以 30 A(直流)电流来验证,电压降应不超过 3 V。

7.7 防护等级验证

GB/T 11022—2011 的 6.7 适用。

7.8 密封试验

GB/T 11022—2011 的 6.8 不适用。

7.9 电磁兼容性试验(EMC)

对于高压开关设备和控制设备,除无线电干扰电压试验外,GB/T 11022—2011 的 6.9 适用。

对于低压开关设备和控制设备,GB/T 7251.1—2013 的 10.12 适用。

如果高压开关设备和低压开关设备已按照相关标准进行了试验,那么不需要在完整的预装式变电站上进行试验。

7.10 辅助和控制回路的附加试验

7.10.1 概述

GB/T 11022—2011 的 6.10.1 适用。

7.10.2 功能试验

GB/T 11022—2011 的 6.10.2 不适用,并用下述代替:

应对所有低压回路进行功能试验,以验证辅助和控制回路的自身功能及与预装式变电站其他元件的协调性。

试验应在 5.9 规定的电源电压上限值和下限值下分别进行。

对于低压回路、组件和元件,如果已经在类似的预装式变电站中通过了完整的功能试验,那么功能试验可以省略。

7.10.3 接地金属部件的电气连续性试验

GB/T 11022—2011 的 6.10.3 适用。

7.10.4 辅助触头动作特性的验证

GB/T 11022—2011 的 6.10.4 适用。

7.10.5 环境试验

GB/T 11022—2011 的 6.10.5 适用,并作如下补充:

- 对于在 GB/T 11022—2011 的第 2 章规定的正常使用条件下运行的户内开关设备和控制设备,不需要进行该试验;
- 在典型的辅助和控制回路的单独元件上已进行过 GB/T 11022—2011 的 6.10.5 所述的试验时,不需要进一步的环境试验;
- 进行试验时,GB/T 11022—2011 的 6.10.5 适用于典型布局的辅助和控制回路。

7.10.6 绝缘试验

GB/T 11022—2011 的 6.10.6 适用。

7.11 真空灭弧室的 X 射线试验程序

GB/T 11022—2011 的 6.11 不适用。

7.101 验证预装式变电站耐受机械应力的试验或计算

7.101.1 顶部负荷

预装式变电站的顶部负荷的机械效应可通过计算验证,见 6.101 a)。

7.101.2 风压

风压对预装式变电站的机械效应可通过计算验证,见 6.101 b)。

7.102 内部电弧故障试验

7.102.1 概述

本试验适用于 IAC 级的预装式变电站,以验证:

- 对于高压侧划分为 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 级的预装式变电站,在高压侧出现内部电弧事件时对人员的防护;
- 对于低压侧划分为电弧等级 A 类、B 类、C 类、I 类的预装式变电站,在低压侧出现内部电弧时

对人员和设备的防护。

注：本标准仅涉及内部电弧出现在预装式变电站高压侧和低压侧的情况，包括高压连接线和低压连接线。

电力变压器的内部电弧没有予以考虑（解释见 6.103）。

7.102.2 高压侧内部电弧故障试验

7.102.2.1 概述

高压侧内部电弧故障试验涵盖了故障导致电弧出现在预装式变电站内部的高压开关设备中和高压连接线上且所有门均关闭(IAC-B)的情况，或者用于触及高压开关设备时变电站高压侧的门打开(IAC-A)的情况（见 5.102）。

高压侧内部电弧等级分类的目的是，在内部电弧事件中，对正常运行的预装式变电站（且其高压开关设备和控制设备处于标准规定的正常运行状态）进行操作的人员(IAC-A)，以及变电站的门关闭时对变电站附近的人员(IAC-B)提供经过验证的防护水平。

预装式变电站高压侧可在多处出现内部电弧并伴随着各种物理现象。例如，在预装式变电站的内部空气中或在高压开关设备和控制设备外壳内的绝缘流体中产生的电弧，它产生的能量将导致内部的过压力和局部的过热，对预装式变电站的外壳造成机械的和热的应力。此外，内部的材料可能受热分解，产生气体或蒸汽，它们可能被泄放于预装式变电站的内部，随后泄放到预装式变电站外壳的外部。

IAC 级内部电弧考虑了作用在面板、门、地板等部件上的过压力，也考虑到作用在外壳上的电弧或弧根的热效应以及喷射出的热气体和灼热粒子的热效应，但没有考虑在正常运行条件下不可触及的内部隔板和活门的损坏。

7.102.2 内部电弧故障试验是为了验证高压侧发生内部电弧时预装式变电站的设计在人员保护方面的有效性。它不包括可能造成危害的全部效应，例如故障后可能存在的具有潜在毒性的气体。

高压侧内部电弧后，火灾蔓延到可（易）燃材料，或者对预装式变电站附近设备的危害不包括在本标准的范围内。

7.102.2.2 试验条件

高压侧划分为 IAC-A 和 IAC-B 级的预装式变电站应承受高压开关设备的试验系列以及高压连接线的试验系列（如适用）。高压侧划分为 IAC-AB 级的预装式变电站，应承受 IAC-A 和 IAC-B 的试验系列。

对于要求的试验，图 E.4、图 E.5、图 E.6 和图 E.7 给出了试验选择的原则以及需要进行的试验类型和相应的次数。

在试验的预期持续时间结束之前，任何可能自动使回路脱扣的装置（如：带弧光探测的保护继电器或将电流切换到金属短路回路的装置）不应动作。如果这些装置是预装式变电站必不可少的一部分且在不修改预装式变电站结构的情况下无法使其不动作，那么预装式变电站可以在该装置工作的情况下进行试验。但是，应按照电弧的实际持续时间考核该隔室。

7.102.2.3 设备布置

应遵循下述几点：

- 试验应在事先没有承受电弧的预装式变电站或者其代表性的部分上进行，或者，如果经受过电弧，但其状态不影响试验结果。
- 预装式变电站应装配完整。只要和原始元件具有相同的体积和外部材料，允许采用内部元件的模拟品。
- 预装式变电站应在提供的接地端子和地相连。

7.102.2.4 试验程序

验证内部电弧类别的方法在 E.6 中给出。

7.102.2.5 通过试验的判据

7.102.2.5.1 高压侧为 IAC-A 级预装式变电站

对于高压开关设备及高压连接线(如果适用),如果分别经过图 E.4 和图 E.6 列出的试验后能够满足下述判据,则预装式变电站高压侧可划分为 IAC-A 级:

——高压开关设备的每次内部电弧故障试验(见图 E.4)后满足 GB 3906—2020 的 7.106.5 中的 5 个判据。

注 1: 如果预装式变电站的设计包括地板下用来收集排出的气体的空间,可从站在地板上面的操作人员的安全考虑评估该地板的性能。

——如果适用(见图 E.6),高压连接线试验后应满足下列判据:

判据 1: 高压连接线的隔板、障板或外壳(如果有的话)的移动或变形没有超过指示器位置。

判据 2: 没有单个质量 60 g 及以上的物质飞出。

注 2: 60 g 的数值来源于 GB/T 3906—2020。如果 GB/T 3906—2020 在此方面进行了修改,本标准可采用新的数值。

判据 3: 电弧的燃烧没有在高压连接线外包或保护屏(如果有)的可触及侧造成孔洞。

判据 4: 指示器没有被火焰或热气体点燃。

如果指示器被点燃,有证据能够说明燃烧是由灼热粒子而不是热气体导致的,则可以认为已经满足评估判据。试验室可以采用高速摄影机、录像和任何其他合适的方法获得照片来建立证据。

燃烧的油漆或黏着剂导致指示器点燃也应排除在外。

判据 5: 如果高压连接线受接地外壳的保护,那么外壳和其接地点仍保持连接。外观检查通常足以判定这一符合性。如有怀疑,应检查接地连接的连续性。

7.102.2.5.2 高压侧为 IAC-B 级预装式变电站

对于高压开关设备及高压连接线(如果适用),如果分别经过图 E.5 和图 E.7 列出的试验后能够满足下述判据,预装式变电站高压侧可划分为 IAC-B 级。

判据 1: 正确锁定的预装式变电站的盖板和门没有打开。只要在任何一侧没有部件达到指示器的位置,变形是可以接受的。试验后预装式变电站不必符合其 IP 代码。

判据 2: 在规定的试验时间内外壳没有开裂。没有单个质量 60 g 及以上的物质飞出。

注: 60 g 的数值来源于 GB/T 3906—2020。如果 GB/T 3906—2020 在此方面进行了修改,本标准可采用新的数值。

判据 3: 在从地板到高度 2 m 范围内的外壳的可触及面上没有因电弧燃烧造成孔洞。

判据 4: 指示器没有被火焰、热气体或燃烧液体点燃。

如果指示器被点燃,有证据能够说明燃烧是由灼热粒子而不是热气体导致的,则可以认为已经满足评估判据。试验室可以采用高速摄影机、录像和任何其他合适的方法获得照片来建立证据。

燃烧的油漆或黏着剂导致指示器点燃也应排除在外。

判据 5: 外壳和其接地点仍保持连接。外观检查通常足以判定这一符合性。如有怀疑,应检查接地连接的连续性。

7.102.2.5.3 高压侧为 IAC-AB 级预装式变电站

同时满足 7.102.2.5.1 和 7.102.2.5.2 要求的预装式变电站高压侧可以划分为 IAC-AB 级。

7.102.2.6 试验报告

试验报告中应给出如下的资料：

- 预装式变电站的额定值和描述,标明主要尺寸的图纸、与机械强度相关的细节、压力释放板的布置以及把高压开关设备和控制设备固定到地板和/或墙壁上的方法。
- 试验连接线的布置。
- 内部电弧引燃的位置(点)和方法。
- 试验布置图(试品和指示器安装架)。
- 外施的电压和频率。
- 预期电流或试验电流：
 - a) 前三个半波的交流分量有效值；
 - b) 最大峰值；
 - c) 在实际的试验持续时间内交流分量的平均值；
 - d) 试验的持续时间。
- 表示电流和电压的示波图。
- 试验结果的评价,包括按照 7.102.2.5 进行观察的记录。
- 试验前、后受试样品的照片。
- 泄压通道和地板下面空间(如果用来排放气体)的布置。
- 其他相关说明。

7.102.2.7 试验结果的可扩展性

在特定设计的预装式变电站或在其代表性的部件上进行的试验结果的有效性,可以扩展至另外一种(见 7.1)装配有相同类型高压开关设备和控制设备(见 GB/T 3906—2020 的 7.106.7)的预装式变电站,只要原先的试验更严酷,且后面产品的设计与之前试验过的产品在下述所有方面类似：

- 电弧电流和电弧时间；
- 内部电弧产生的气流方向；
- 预装式变电站的尺寸和布置；
- 外壳、地板和隔板(如果有的话)的结构和强度；
- 通风网；
- 压力释放装置(如果有的话)的性能。

7.102.3 低压侧内部电弧故障试验

7.102.3.1 概述

GB/T 18859—2016 的 8.1 适用,并作如下补充：

宜在完整的预装式变电站上进行低压侧的内部电弧试验,以确保表现出了所有装置的影响。为证明低压侧符合所声明的电弧等级,预装式变电站低压侧应经受两个不同的试验系列,一个在低压开关设备上,另一个在低压连接线上。

由于低压开关设备的类型、额定值及可能组合的多样性,在所有布置上进行电弧试验不现实,任何特殊布置的性能都能由可比较设计的试验结果证实。试验应在低压开关设备最繁复位置上进行。

由限流器保护的低压开关设备应带器件试验,该器件在预期的预期短路电流和工作电压时限制特性有最高值。

作为例外,如果满足以下条件,不必要在低压开关设备和/或低压连接线上重复进行试验：

- 该低压开关设备已预先按照 GB/T 18859—2016 进行了电弧故障试验,试验布置与在预装式变电站中的实际安装条件一致或更加苛刻;
- 低压连接线为绝缘的、接地屏蔽的且经过型式试验的连接线时。

7.102.3.2 试验布置

应遵循下述几点:

- 试验应在事先没有承受电弧的预装式变电站或者其代表性的部分上进行,或者,如果经受过电弧,但其状态不影响试验结果。
- 预装式变电站应装配完整。只要和原始元件具有相同的体积和外部材料,允许采用内部元件的模拟品。
- 预装式变电站应在提供的接地端子和地相连。

7.102.3.3 试验程序

GB/T 18859—2016 的第 8 章适用。

7.102.3.4 通过试验的判据

如果满足下述要求,证明低压侧满足相应的电弧等级:

- 低压开关设备的内部电弧故障试验后,满足 GB/T 18859—2016 的 8.7 中的相应判据;

注:如果预装式变电站的设计包括地板下用来收集泄放气体的空间,可从站在地板上面的操作人员的安全考虑评估该地板的性能。

- 低压内部连接线试验后:

- 满足 GB/T 18859—2016 中 8.7 的 1)~5),达到人员保护;
- 满足 GB/T 18859—2016 中 8.7 的 1)~6),达到人员和成套设备保护;
- 满足 GB/T 18859—2016 中 8.7 的 1)~7),达到人员保护和带有限操作能力的成套设备保护。

7.102.3.5 试验报告

GB/T 18859—2016 的第 9 章适用。

7.102.3.6 试验结果的可扩展性

GB/T 18859—2016 的第 7 章适用。

7.103 电磁场的测量或计算

高压/低压预装式变电站中有关电磁场测量或计算,见 GB/T 33977—2017。

7.104 检验能满意操作的功能试验

应验证预装式变电站能完成所需要的各种功能,特别是:

- 联锁功能检查:如果不同的元件之间有联锁,应对其联锁功能进行检查;
- 接地回路的检查:见 6.4;
- 预装式变电站门的机械操作:见 6.104.4;
- 预装式变电站操作通道的检查:见 6.105.3;
- 预装式变电站标牌的检查:见 6.105.4;

- 检查绝缘挡板的定位是否正确；
- 变压器温度和液面的检查是否方便；
- 熔断器的更换是否方便,如果适用；
- 变压器分接开关的操作；
- 通风网的清洁是否方便。

8 出厂试验

8.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 7 章不适用,并用下述代替:

出厂试验应在每一台完整的预装式变电站上或在每一个运输单元上、在制造厂内(如果切实可行)进行,以保证产品与已进行过型式试验的设备是一致的。

每个元件事先应按照其元件标准进行出厂试验,对于预装式变电站应进行下述出厂试验:

- 按照 8.101 对高压连接线进行绝缘试验；
- 按照 8.102 对低压连接线进行绝缘试验；
- 按照 8.103 对辅助和控制回路进行绝缘试验；
- 按照 8.104 检验能满足操作的功能试验；
- 按照 8.105 进行接线正确性检查；
- 按照 8.106 进行现场装配后的试验；
- 按照 8.107 进行接地连续性试验。

8.101 高压连接线的绝缘试验

按照 GB/T 11022—2011 的 7.2 对高压连接线进行工频耐受电压试验。

如果预装的高压连接线作为变电站的一个分装单独进行出厂试验,则不需要进行工频电压试验。

8.102 低压连接线的绝缘试验

按照 7.2.102.3 对低压连接线进行工频耐受电压试验。

8.103 辅助和控制回路的绝缘试验

见 GB/T 11022—2011 的 7.3.4。

8.104 检验能满足操作的功能试验

应进行功能试验,以保证产品符合 7.104 的要求。

8.105 接线正确性检查

应验证接线和接线图相符。

8.106 在现场装配后的试验

如果高压连接线的绝缘试验事先在工厂做过,则不需要在现场重复。但是,如果预装式变电站由于运输而部分分装后然后在现场组装,应按 8.104、8.105 和 8.107 进行试验,以保证它能正确地运行。

8.107 接地连续性试验

预装式变电站内任一可能接地的点到变电站的主接地点应在 30 A(DC)电流条件下试验,电压降不应超过 3 V。

9 预装式变电站的选用导则

9.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 8 章不适用,并用下述代替:

9.101 总则

预装式变电站可以采用变革的技术和功能要求的各种形式组成。预装式变电站的选择主要涉及运行设施的功能要求的确认,以便最好地满足这些要求。

这些要求应考虑到适用的法律和用户的安全规程。

表 104 给出了制定预装式变电站技术要求时需要考虑的因素。

9.102 额定值的选择

对于给定的运行要求,选用预装式变电站时,要按正常负荷条件和故障情况的要求来选择各个元件的额定值。

最好如本标准建议的,即按系统的特性及其预期的未来发展来选择额定值。额定值的完整列表在第 5 章中给出。其他参数,如当地的大气和气候条件以及使用于海拔超过 1 000 m 的场所,也应予以考虑。

9.103 外壳级别的选择

外壳级别的选择取决于现场的(平均)周围空气温度和变压器的负荷系数及变压器温升。对某一给定的额定外壳等级,变压器允许的负荷系数取决于变压器温升及预装式变电站安装处的周围空气温度。

附录 C 可以用来确定外壳的级别和变压器的负荷系数。对于 GB/T 1094.2—2013 和 GB/T 1094.11—2007 给出的标准温升限值,附录 C 给出了一些例子说明外壳级别、负荷系数以及采用的周围空气温度之间的关系和制约。对于变动的负荷条件,可按 GB/T 1094.7—2008 或 GB/T 1094.12—2013 采用一个修正系数。

基于给定的通风网及连续施加的最大容量和变压器损耗条件下实施的预装式变电站的型式试验(符合 7.5),制造厂给出了特定预装式变电站外壳级别的相关信息。

型式试验中连续的满负荷条件可能更苛刻且完全不同于运行中预期的负荷周期。在这种情况下,与为了避免变压器过热而要求的通风相比可能不需要很强的通风。

为了降低过高要求造成的任何可能的不良效应(例如,成本、设备的污秽过大等危害),对预期的运行条件评估后,用户可以规定一个更高的外壳级别,该外壳具有相同的标称容量和损耗以及较小的通风。如果实际运行中变压器的最大容量和损耗低于经过型式试验的方案,用户也可以规定更高的外壳级别。

这些相对于经过型式试验的结构偏差/修改应与预装式变电站制造厂协商。

注 1: 按照 GB/T 1094.7—2008 的第 6 章和 GB/T 1094.12—2013 的第 5 章,变压器的老化率随着变压器温度的提高而增加。

注 2: 预装式变电站内部的温升可能影响高压开关设备部件的性能(例如:开关设备内熔断器的选用可采用

IEC/TR 62665)。

注 3：预装式变电站内部空气温度的升高会影响变电站内安装的热敏设备(例如：电子设备)。在这种情况下，宜按供方提供的热敏设备说明书采取措施。

9.104 内部电弧故障

9.104.1 概述

选择预装式变电站时，应以对操作人员和一般公众提供可接受的保护水平为目标，合理地确定内部电弧故障带来的风险。

通过将风险降低到可接受的水平来达到保护的要求。按照 GB/T 20002.4—2015，风险是危害出现的概率和危害的严酷度的组合(见 GB/T 20002.4—2015 的第 5 章关于安全性的概念)。

因此，变电站的选择，应结合内部故障形成电弧的可能性，通过将风险限到可接受的水平的程序来控制。该程序在 GB/T 20002.4—2015 的第 6 章中规定。该程序假设用户有降低风险的职责。

9.104.2 原因和预防措施

经验表明，相较于其他位置，故障很有可能在外壳内的某些位置发生。作为导则，表 102 给出了经验证明的高压侧最有可能出现故障的部位清单，还给出了故障的可能起因以及降低内部电弧概率的可能措施。

低压侧电弧故障抑制的用户指导参见 GB/T 18859—2016 的附录 A。

表 102 高压侧内部电弧的部位、起因以及降低内部电弧概率的措施举例

| 易发生内部电弧的部位 (1) | 内部电弧可能发生的原因 (2) | 预防措施举例 (3) |
|-------------------|---|--|
| 连接隔室 | 设计不当 | 选择合适的尺寸、使用合适的材料 |
| | 错误安装 | 避免电缆交叉连接；在现场进行工艺检查；合适的力矩 |
| | 固体或流体绝缘损坏(缺陷或丧失) | 工艺检查和/或现场绝缘试验；定期检查液面(适用时) |
| 隔离开关、负荷开关、接地开关 | 误操作 | 加联锁；延时再分闸；不依赖人力操作；负荷开关和接地开关的关合能力；人员培训 |
| 螺栓连接和触头 | 腐蚀 | 使用防腐蚀的覆盖层和/或油脂；采用电镀；如有可能则加以封闭。 补充加热防止冷凝 |
| | 装配不当 | 采用适当的方法检查工艺；正确的力矩；适当的联锁措施 |
| | 可抽出部件推进和抽出时，如：由于触头和/或活门的磨损或变形导致的绝缘状态的改变 | 现场检查工艺 |
| 互感器 | 铁磁谐振 | 采用适当的回路设计，以避免此类现象的影响 |
| | 电压互感器的低压侧短路 | 通过适当的措施，如保护盖、低压熔断器，以避免短路 |
| 断路器 | 维护不足 | 按规程定期进行维护；人员培训 |

表 102 (续)

| 易发生内部电弧的部位 (1) | 内部电弧可能发生的原因 (2) | 预防措施举例 (3) |
|-------------------|--------------------|--|
| 所有的部位 | 工作人员的失误 | 用遮栏限制人员接近;用绝缘包裹带电部分;人员培训 |
| | 电场和/或热应力作用下的老化 | 出厂做局部放电试验; 内部接线的正确扭矩; 减少太阳辐射的热效应 |
| | 污染、潮气、灰尘和小动物等的进入 | 采取措施保证达到规定的使用条件(见第 4 章);采用充气隔室 |
| | 过电压 | 过电压保护;合适的绝缘配合;现场进行绝缘试验 |
| 连接线 | 绝缘故障 | 相间、相对地保持足够的间隙;采用绝缘连接线,优先采用接地屏蔽型 |

9.104.3 附加的保护措施

可以采取其他措施在内部电弧情况下对人员提供最高等级的保护。这些措施的目标旨在限制此类事件的外部影响。

下述为这些措施的举例:

- 由对光线、压力或热敏感的探测器或差动母线保护触发的快速故障排除;
- 远程操作;
- 压力释放装置,承压外壳(包括门、地板、通风网等);
- 变压器采用独立的断路器保护或者采用适当的熔断器与负荷开关的组合来限制允通电流和故障持续时间;
- 气体流量控制和/或气流冷却装置的使用。

9.104.4 选择和安装时的注意事项

用户应根据电网特性、操作程序和运行条件正确选择预装式变电站。此外,还应考虑运行时的人员防护,应认识到不是所有的预装式变电站都是 IAC 级的。

作为选择合适的预装式变电站的导则,在内部电弧方面,可以采用下述依据:

- 在风险可以忽略不计的场合,不需要选择 IAC 级的预装式变电站;
- 在需要考虑风险的场合,只能选择 IAC 级的预装式变电站。

对于第二种情况,选择时应考虑可预见的最大故障电流和持续时间,并与经过型式试验的设备的额定值比较。此外,应遵循制造厂的安装说明书(见第 11 章)。特别是,内部电弧期间人员的位置至关重要。对于可进入的预装式变电站,制造厂应根据试验布置,确定预装式变电站的可触及区域且用户应认真遵守此类说明。允许人员进入非可触及区域,可能会受到伤害。

如 7.102.2.1 中确定的在正常操作条件下,高压侧内部电弧时对人员的防护不仅取决于高压开关设备和控制设备的设计和 IAC 等级,也取决于安装条件。高压开关设备内任意绝缘流体中或高压连接线上产生的电弧带来的电弧能量会引起内部过压和局部过热,这些都会对变电站的外壳带来机械和热应力。此外,涉及的材料可能产生高温分解物(气体或者蒸气),都可能排逸到预装式变电站内部或预装式变电站外部。考虑到上述情况,在再次进入现场前要求立即排气并对预装式变电站进行进一步的通风,并且在现场安装时应考虑采取适当的措施。

9.104.5 内部电弧故障试验

内部电弧故障试验的目的,是验证预装式变电站在正常运行条件下出现内部电弧时,预装式变电站的设计在对人员防护方面的有效性。该试验并不评价在任何维护或工作条件下,外壳部件打开或拆卸时,预装式变电站的性能。

内部电弧故障试验仅适用于 IAC 级的预装式变电站。

注:通常,不可能计算出不同于试验中使用的电流的允许电弧持续时间。试验时的最大压力通常不会随着电弧时间变短而降低,并且无普遍规律证明允许的电弧持续时间可能随着试验电流的降低而增加。

9.104.6 IAC 级

IAC 等级给出了在 GB/T 3906—2020 的 7.106.2 规定的正常运行条件下,经过验证的对人员的防护水平。它与这些条件下的人员防护相关,与维护条件下的人员防护或运行连续性无关。

在 IAC 等级经过试验验证的情况下,预装式变电站应按下述标识:

- 总体:IAC(内部电弧等级的首字母)等级;
- 高压侧可触及性:A、B 或 AB;
- 低压侧电弧等级:A、B、C 或 I;
- 额定值:电弧故障电流(kA),电弧故障持续时间(s)。对于具有一个或多个、其结构可以防止电弧发展成多相电弧的隔室、且经过内部电弧故障试验验证的预装式变电站,可以规定单相值。系统中性点接地类型和单相对地电弧故障电流之间的关系见表 103。如果要求的值高于三相额定值 87%,或能够接受较低的数值(取决于系统中性点接地情况),用户应规定一个单相对地电弧故障电流的额定值。

对于这几个级别,重要的是应认识到内部电弧等级试验与预装式变电站的特定结构、变压器、高压和低压开关设备的类型和位置有关。试验结果取决于预装式变电站内开关设备的具体类型。

内部电弧等级的确定制约了预装式变电站中开关设备的选择。

如果选用了符合 GB/T 3906—2020 的具有内部电弧等级的高压开关设备,在验证高压侧内部电弧等级 IAC-A、IAC-B 时,预装式变电站内部高压开关设备的布局应考虑安装条件,再现原型式试验的空间模拟(见图 E.4 和图 E.5)。

表 103 取决于系统中性点接地类型的单相对地电弧故障电流

| 系统中性点接地类型 | 单相对地电弧故障电流 |
|--|----------------------|
| 中性点绝缘 | 小于或等于三相额定电弧故障电流的 87% |
| 中性点阻抗接地 | 额定单相对地电弧故障电流的 100% |
| 中性点直接接地 | 三相额定电弧故障电流的 100% |
| <p>注 1:如果额定单相对地电弧故障电流涵盖了中性点直接接地的条件,那么也涵盖了系统的所有其他接地条件。</p> <p>注 2:对于中性点绝缘系统,最大单相对地故障电流理论上可达到三相额定电弧故障电流的 87%(异相接地故障条件下的单相对地故障电流)。但是,在开关设备和控制设备承受单相接地故障后,在其附近出现异相接地故障的概率非常小。因此该条件可能不适用且用户可指定降低的单相对地电弧故障电流额定值。</p> | |

9.105 技术要求的摘要

表 104~表 106 给出了预装式变电站的使用条件、额定值和设计结构等技术要求的摘要。

表 104 预装式变电站使用条件的摘要

| 使用条件资料 | 单位 | 本标准的条款 | 参见 | 适用时,用户的要求 |
|---|---|--------|--|-----------|
| 周围空气温度: 平均 最低 最高 太阳辐射 海拔 污秽 覆冰 风扬沙 风扬雪 风 凝露或冰雹 地震的风险 其他振动的风险 二次系统中感应的电磁干扰 | ℃ ℃ ℃ W/m ² m 等级 级别 m/s | 4 | GB/T 11022—2011 GB/T 4797.4—2006 高压:GB/T 11022—2011 低压:GB/T 7251.1—2013 GB/T 26218.1—2010 GB/T 11022—2011 IEC 60721-2-2:2012 IEC 60721-2-2:2012 IEC 60721-2-2:2012 IEC 60721-2-2:2012 IEC/TR 62271-300:2006 GB/T 4796—2017 GB/T 11022—2011 | |

表 105 预装式变电站额定值的摘要

| 预装式变电站额定值的信息 | 单位 | 本标准的条款 | 参见 | 适用时,用户的要求 |
|---------------------------------------|-----------------|---------|--|-----------|
| 高压额定电压 低压额定电压 变压器绕组额定电压 | kV V kV/V | 5.2 | 高压:GB/T 11022—2011 低压:GB/T 7251.1—2013 和 GB/T 14048.1—2012 HV/LV 变压器: GB/T 1094.1—2013 | |
| 相数 | | 10.2 | | |
| 高压侧中性点接地类型 接地故障电流的最大预期值 | kA | 10.2 | 用户 | |
| 低压侧中性点接地类型 接地故障电流的最大预期值 | kA | 10.2 | 用户 | |
| 预装式变电站的额定最大容量 | kVA | 5.101.1 | GB/T 1094.1—2013 GB/T 1094.11—2007 | |
| 外壳级别 | 级别 | 5.101.2 | | |
| 内部电弧级别 | 级别 | 5.102 | | |
| 故障电流 持续时间 | kA s | | | |
| 额定绝缘水平 | 高压/低压 | 5.3 | 高压:GB/T 11022—2011 低压:GB/T 7251.1—2013 GB/T 14048.1—2012 | |

表 105 (续)

| 预装式变电站额定值的信息 | 单位 | 本标准的条款 | 参见 | 适用时，用户的要求 |
|--|--------------------------------------|------------|--|-----------|
| 额定短时工频耐受电压(U_d) 通用值 隔离断口间 额定雷电冲击耐受电压(U_p) 通用值 隔离断口间 | kV/V kV/V kV/V kV/V | 5.3 | | |
| 额定频率(f_r) | Hz | 5.4 | 高压: GB/T 11022—2011 低压: GB/T 7251.1—2013 GB/T 14048.1—2012 | |
| 额定电流 高压开关设备 进线 母线 出线 高压开关设备和变压器之间的连接线 低压开关设备 进线 母线 低压出线 辅助回路 | A A A A A A A A | 5.5 5.5 | 高压: GB/T 11022—2011 低压: GB/T 7251.1—2013 | |
| 额定短时耐受电流(I_k, I_{ke}, I_{cw}) 高压 低压 接地回路 | kA kA kA | 5.6 | GB/T 11022—2011 GB/T 7251.1—2013 GB/T 11022—2011 | |
| 额定峰值耐受电流(I_p, I_{pe}, I_{pk}) 高压 低压 接地回路 | kA kA kA | 5.7 | GB/T 11022—2011 GB/T 7251.1—2013 GB/T 11022—2011 | |
| 额定短路持续时间(t_k, t_{ke}) 高压 低压 变压器 | s s s | 5.8 | GB/T 11022—2011 GB/T 7251.1—2013 GB/T 1094.5—2008 GB/T 1094.11—2007 | |

表 105 (续)

| 预装式变电站额定值的信息 | 单位 | 本标准的条款 | 参见 | 适用时，用户的要求 |
|----------------------------------|-------|--------|-------------------------------------|-----------|
| 接地回路 | s | | GB/T 11022—2011 | |
| 合闸和分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压(U_n) | 高压/低压 | 5.9 | GB/T 11022—2011 GB/T 7251.1—2013 | |
| 合闸和分闸 | V | | | |
| 指示 | V | | | |
| 控制 | V | | | |
| 合闸和分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率 | | 5.10 | | |
| 高压 | Hz | | GB/T 11022—2011 | |
| 低压 | Hz | | GB/T 7251.1—2013 | |

表 106 预装式变电站设计与结构的摘要

| 预装式变电站的设计与结构信息 | 单位 | 本标准的条款 | 参见 | 适用时，用户的要求 |
|--|------------------------------|--------|---|-----------|
| 关门状态下外壳的防护等级 低压隔室的防护等级 高压隔室的防护等级 变压器隔室的防护等级 | | 6.14 | GB/T 4208—2017 GB/T 20138—2006 | |
| 元件的类型： 高压开关设备 低压开关设备 变压器 | | | 用户 | |
| 变电站的类型： 从内部操作 从外部操作 地面上 局部处于地面下 地面下 | | | 用户 | |
| 变压器的额定值 容量 负载损耗 P_{cu} 空载损耗 P_0 空载电流 I_0 短路阻抗 温升 | kVA W W A % K | 5.101 | GB/T 1094.1—2013 GB/T 1094.11—2007 GB/T 1094.2—2013 | |

表 106 (续)

| 预装式变电站的设计与结构信息 | 单位 | 本标准的条款 | 参见 | 适用时， 用户的要求 |
|---|--|---------|-------------------|---------------|
| 绝缘 | | | IEC 60076-3:2013 | |
| 外壳的材料 | | 6.104.2 | | |
| 外壳的表面处理 | | 10.2 | | |
| 机械撞击能量 | J | 6.14 | GB/T 2423.55—2006 | |
| 施加的机械力： 顶部的雪负荷 顶部负荷 风压 | N/m ² N/m ² N/m ² | 10.2 | GB/T 11022—2011 | |
| 尺寸和重量 最大长度 最大宽度 总高度 地面上的长度 地面上的宽度 地面上的高度 每个运输单元的质量 预装式变电站的总质量 | mm mm mm mm mm mm mm kg kg | 10.2 | | |
| 声级 | dB | | GB/T 1094.10—2003 | |

10 查询、投标和订货时提供的资料

10.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 9 章不适用，并用下述代替：
本章列出了能够使用户对预装式变电站进行适当的查询和供货方提供足够的标书所需要的信息。

10.2 查询和订货时提供的资料

GB/T 11022—2011 的 9.2 不适用，并用下述代替：
在查询或订购预装式变电站时，应提供所有设备和服务的范围。包括与供方合作的培训、技术和布置方案以及要求。查询方应提供下列资料：

- a) 系统的特点
系统的标称和最高电压、频率以及系统中性点接地类型。
- b) 使用条件：
最低和最高的周围空气温度；偏离正常使用条件或影响设备正常操作的任何情况，例如：海拔超过 1 000 m，快速的温度变化，风沙和雪，在水蒸气、潮气、烟雾、爆炸性气体、过量的尘埃或

盐分(例如由车辆或工业污染引起的)下的过度暴露;地震或其他由外部的原因引起的振动均应提供。

c) 预装式变电站的特点和电气性能:

- 1) 高压和低压开关设备的额定电压以及变压器的运行电压;
- 2) 预装式变电站的额定最大容量;
- 3) 额定频率;
- 4) 额定绝缘水平;
- 5) 额定短时耐受电流;
- 6) 额定短路持续时间(如果不同于 2 s);
- 7) 额定峰值耐受电流;
- 8) 元件(高压及低压开关设备、控制设备、变压器、连接线)的额定值;
- 9) 相数;
- 10) 元件的型式(例如:空气或气体绝缘的开关设备、油浸式变压器);
- 11) 外壳级别和负荷系数;
- 12) 回路接线图;
- 13) 包括高压和低压开关设备,预装式变电站的外壳及其隔板(如果有的话)的防护等级;
- 14) 预装式变电站在地面下、部分在地面下或在地面上安装;
- 15) 从内部或外部操作;
- 16) 外壳的材料和表面处理;
- 17) 机械应力(例如雪负荷、顶部负荷、风压等);
- 18) 最大允许尺寸和影响预装式变电站布置(总体布置)的特殊要求;
- 19) 根据所采用的高压和低压系统中性点接地类型,或者适用于接地回路的短路电流额定值所确定的最大预期接地故障电流值;
- 20) 内部电弧级(如果适用)的试验电流(kA)、持续时间(s)以及相应的可触及性的型式、电弧等级等;
- 21) 所有特殊的设计布置,如接地回路的方案(参见附录 D);如果适用,外壳作为接地系统一部分的应用准则(见 6.4);联锁装置、标签的类型等;
- 22) 高压开关设备、控制设备的高压功能单元的运行连续性的丧失类别(LSC1、LSC2、LSC2A 或 LSC2B)。

除了以上各项,查询方应说明所有可能影响投标和订货的条件,例如:特殊的安装或装配的条件(例如靠近周围的墙壁、预埋在壳体内部的、影响通风的元件、排放气体的处理以及特殊尺寸等)、外部的高压连接线的位置、地方的防火和噪声控制规程以及预期的寿命。如果需要特殊的型式试验,应提供相关资料。

10.3 投标时提供的资料

GB/T 11022—2011 的 9.3 不适用,并用下述代替:

制造厂应给出下列资料(包括说明书和图样):

- a) 10.2 的 b) 和 c) 中列举的额定值和性能。
- b) 要求提供的型式试验证书或报告的清单,如果适用,还包括高压侧 IAC-A、IAC-B 或 IAC-AB 级内部电弧试验以及低压侧电弧等级 A、B、C 或 I 选择的理由。该清单应包括在主要电气元件(高压开关设备、电力变压器和低压开关设备)上实施的型式试验。
- c) 结构特征,例如:
 - 1) 各个运输单元的质量;

- 2) 预装式变电站的总质量;
- 3) 预装式变电站的外形尺寸和布置(总体布置);
- 4) 变压器的最大允许尺寸;
- 5) 外部连接线的布置说明;
- 6) 运输和安装要求;
- 7) 运行和维护的说明;
- 8) 元件相关标准要求的信息;
- 9) 变电站周围的最小推荐距离;
- 10) 滞留油箱体(如果有的话)的容积。
- d) 供用户采购的推荐的备件清单。
- e) 外壳材料、适用时表面处理或涂层的特性以及在规定的条件下评估它们性能所进行的试验。
- f) 变电站符合本标准的声明。

11 运输、储存、安装、运行及维护

11.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 10 章不适用,并用下述代替:

预装式变电站或其运输单元的运输、储存和安装以及使用时的运行和维护,应按照制造厂的说明书进行。

因此,制造厂应提供关于预装式变电站的运输、储存、安装、运行和维护的说明书。关于运输和储存的说明书,应在交货前给出,而关于安装、运行和维护的说明书则最迟应在交货时给出。

不同元件的相关标准规定了有关运输、安装、运行和维护的特殊规则,如果适用,它们应包括在预装式变电站的总的说明书内。

下面给出的资料,可以补充到预装式变电站制造厂提供的极重要的附加说明书中。

11.2 运输、储存和安装时的条件

如果订货单中规定的使用条件在运输、储存和安装过程中不能得到保证,制造厂和用户之间应就此达成一项特别的协议。特别是,如果对通电前所处的环境,外壳不能提供适当的保护,应给出防止绝缘过度吸潮或受到不可消除的污染的说明。

为了避免运输过程中预知的振动和冲击造成损伤,需要给出必要的指导和/或提供特别的措施以保护元件(开关设备和电力变压器)的安全。

11.3 安装

对每种型式的预装式变电站,制造厂提供的说明书至少应包括以下各点。

11.3.1 开箱和起吊

每个运输单元的质量应由制造厂声明,且最好事先标在设备上。

应配备能够起吊每个运输单元的质量的足够的起吊架。

说明书应清楚地规定安全起吊预装式变电站的优选方法,以及如果不适用于连续户外使用的起吊架的拆除。

11.3.2 组装

当预装式变电站不能完全组装起来运输时,所有的运输单元应清楚地加以标记,并提供这些单元

的组装图。

11.3.3 安装

制造厂应提供全部必需的资料,以便完成现场的准备工作,例如:

- 挖掘土方工作的要求;
- 外部的接地端子以及如果需要时等电位的螺栓;
- 电缆入口的位置;
- 和外部雨水排泄管路的连接,如有的话,包括管道的尺寸和布置。

除这些条款外,制造厂应指明在正确安装和/或操作预装式变电站时需要考虑的其他所有条件或限制。

11.3.4 连接

GB/T 11022—2011 的 10.3.5 适用。

11.3.5 安装竣工检验

GB/T 11022—2011 的 10.3.6 适用,并作如下补充:

在安装和连接之后,对预装式变电站检查和试验的说明书至少应包括推荐在现场进行的试验清单。

11.3.6 用户的基本输入数据

GB/T 11022—2011 的 10.3.7 适用。

11.3.7 制造厂的基本输入数据

GB/T 11022—2011 的 10.3.8 适用。

11.4 运行

GB/T 11022—2011 的 10.4 适用,并作如下补充:

除了每个元件的使用说明书外,制造厂还应提供以下的补充资料,以使用户能够充分理解涉及的主要原理:

- 预装式变电站安全特性的说明,出于安全的目的而提供的特种设施或工具的清单以及它们的使用说明;
- 通风设施、联锁和挂锁的操作。

11.5 维护

GB/T 11022—2011 的 10.5 适用,并作如下补充:

制造厂应出版一本维护手册,至少包括以下资料:

- 按照相关标准的要求给出主要元件完整的维护说明;
- 外壳的维护说明,包括维护的频度和程序(如有的话)。

11.101 寿命终了时的拆卸、回收以及处理

制造厂应提供允许最终用户对寿命终了的预装式变电站进行拆卸、回收以及处理的相关资料。这些资料应考虑到对工作人员和环境的保护。

12 安全

12.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 11 章不适用,并用下述代替:

仅当高压/低压预装式变电站按照制造厂的说明安装和运行时,才能对操作人员和一般公众提供规定的保护水平。其次,用户可以建立安装和运行的特定程序。

元件的安全方面由相关的产品标准规定。

12.101~12.104 描述了在各种危害下为操作人员和一般公众提供防护的附加特性。

12.101 电气方面

电气方面应考虑附加特性为:

- 接地(非直接接触)(见 6.4);
- IP 代码(直接接触)(见 6.14)。

12.102 机械方面

机械方面应考虑附加特性为:

- 机械应力(见 6.101);
- IK 代码(见 6.14)。

12.103 热的方面

热的方面应考虑附加特性为:

- 可燃性(见 6.104.2);
- 可触及部件的最高温度[见 7.5.105 d)]。

注: ISO 13732-1:2006 和 IEC 导则 117:2010 解决这一问题。

12.104 内部电弧方面

内部电弧方面应考虑内部电弧故障的附加特性(见 6.103)。

13 产品对环境的影响

GB/T 11022—2011 的第 12 章适用。

附 录 A
(资料性附录)

本标准与 IEC 62271-202:2014 相比的结构变化情况

本标准与 IEC 62271-202:2014 相比,结构上发生了变化,具体对照情况见表 A.1。

表 A.1 本标准与 IEC 62271-202:2014 的章条编号对照情况

| 本标准章条编号 | 对应的 IEC 62271-202:2014 章条编号 |
|-----------------|-------------------------------|
| 引言 | 引言 |
| 1 | 1.1 |
| 2 | 1.2 |
| 3.114.4,3.114.5 | — |
| — | 3.115 |
| 4 | 2 |
| 4.1 | — |
| 4.2 | 2.1 |
| 4.2.1 | — |
| 4.2.2 | 2.1.1 |
| — | 2.1.1.101,2.1.1.102 |
| 4.2.3 | 2.1.2 |
| 4.3 | 2.2 |
| 4.3.1 | — |
| 4.3.2 | 2.2.1 |
| — | 2.2.1.101,2.2.1.102,2.2.1.103 |
| 4.3.3 | 2.2.2 |
| — | 2.2.2.101,2.2.2.102,2.2.2.103 |
| 4.3.4 | 2.2.3 |
| — | 2.2.4,2.2.5,2.2.6 |
| 5 | 4 |
| 5.1 | — |
| 5.2~5.5 | 4.1~4.4 |
| 5.5.1、5.5.2 | 4.4.1、4.4.2 |
| — | 4.4.3 |
| 5.6~5.101 | 4.5~4.101 |
| 5.102 | — |
| 5.102.1 | — |
| 5.102.2 | 4.102 |

表 A.1 (续)

| 本标准章条编号 | 对应的 IEC 62271-202:2014 章条编号 |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| — | 4.102.1 |
| 5.102.2.1~5.102.2.3 | 4.102.2~4.102.4 |
| 5.102.3,5.102.3.1,5.102.3.2,5.102.3.3 | — |
| 6 | 5 |
| 6.1 | — |
| 6.2~6.14 | 5.1~5.13 |
| 6.14.1,6.14.2,6.14.3,6.14.4 | — |
| 6.15~6.19 | 5.14~5.18 |
| 6.20,6.21 | — |
| 6.101~6.107 | 5.101~5.107 |
| 7 | 6 |
| 7.1 | — |
| 7.1.1 | 6.1 |
| 7.1.2~7.1.4 | 6.1.1~6.1.3 |
| 7.2 | 6.2 |
| 7.2.1 | — |
| 7.2.2~7.2.102.2 | 6.2.1~6.2.102.2 |
| 7.2.102.3 | — |
| 7.2.102.4 | 6.2.102.3 |
| 7.3~7.5.105 | 6.3~6.5.105 |
| 7.6 | 6.6 |
| 7.6.1,7.6.2 | — |
| 7.7~7.11 | 6.7~6.11 |
| 7.101 | 6.101 |
| 7.101.1 | 6.101.2 |
| 7.101.2 | 6.101.1 |
| — | 6.101.3 |
| 7.102,7.102.1 | 6.102,6.102.1 |
| 7.102.2,7.102.2.1 | — |
| 7.102.2.2~7.102.2.7 | 6.102.2~6.102.7 |
| 7.102.3~7.102.3.6 | — |
| 7.103 | 6.103 |
| 7.104 | — |
| 8 | 7 |

表 A.1 (续)

| 本标准章条编号 | 对应的 IEC 62271-202:2014 章条编号 |
|---------------|-----------------------------|
| 8.1 | — |
| 8.101 | 7.101 |
| 8.102 | — |
| 8.103~8.106 | 7.102~7.105 |
| 8.107 | — |
| 9 | 8 |
| 9.1 | — |
| 9.101~9.105 | 8.101~8.105 |
| 10 | 9 |
| 10.1 | — |
| 10.2、10.3 | 9.1、9.2 |
| 11 | 10 |
| 11.1 | — |
| 11.2 | 10.1 |
| 11.3 | 10.2 |
| 11.3.1 | — |
| 11.3.2~11.3.8 | 10.2.1~10.2.7 |
| 11.4 | 10.3 |
| 11.5 | 10.4 |
| 11.101 | 10.101 |
| 12 | 11 |
| 12.1 | — |
| 12.101~12.104 | 11.101~11.104 |
| 13 | 12 |
| 附录 A | — |
| 附录 B | — |
| 附录 C | 附录 DD |
| 附录 D | 附录 EE |
| 附录 E | 附录 AA |
| 附录 F | 附录 FF |
| 附录 G | 附录 BB |
| — | 附录 CC |

附录 B

(资料性附录)

光伏预装式变电站的一般要求

B.1 概述

本附录规定了高压侧交流额定电压为 3.6 kV~40.5 kV 户外光伏预装式变电站的使用条件、额定值、设计和结构、型式试验和出厂试验等要求。

光伏预装式变电站安装在地面上。

光伏预装式变电站是将光伏方阵的直流电转换为交流电的预装式变电站。通常,光伏预装式变电站由外壳及下述主要电气元件组成:

- 电力变压器;
- 光伏逆变器;
- 高压和低压开关设备和控制设备;
- 低压无功补偿装置;
- 高压和低压连接;
- 辅助设备和回路等。

B.2 相关的设计要求

B.2.1 概述

所有元件应符合各自相关的国家标准。

B.2.2 光伏预装式变电站的额定最大容量

光伏预装式变电站的额定最大容量是设计变电站中变压器与逆变器两者容量的较小值。

B.2.3 光伏逆变器的效率

光伏逆变器是指将光伏电池的直流电变换成交流电的电气设备。

对于逆变器,决定其能量转换的效率包括动态最大功率点跟踪效率和转换效率。

动态最大功率点跟踪效率和静态最大功率点跟踪效率的具体限值正在考虑中。

要求不带隔离变压器型逆变器的转换效率最大值应不低于 96%,带隔离变压器型逆变器的转换效率最大值应不低于 94%。

注 1: 对逆变器效率科学合理的评价可以是不同负载情况下逆变效率的加权平均值。但是,一方面由于没有足够的数据,另一方面国内的各地辐照条件差异较大,能够广泛接受的权重值还没有形成,因此给出一个具有尽量多的负载点的逆变效率曲线作为推荐的替代方法。

注 2: 最大功率点跟踪效率(包括静态的和动态的)直接影响对光伏系统所发出电能的有效利用,推荐进行科学的测试以确定实际的动态跟踪效率。

B.2.4 低压无功补偿装置的额定最大补偿容量

低压无功补偿装置是指光伏预装式变电站中低压侧用于补偿无功功率的装置,例如并联电容器、静止无功补偿器、静止无功发生器等。

低压无功补偿装置的额定最大补偿容量是所有低压无功补偿装置的额定容量之和,包括额定最大容性无功容量和额定最大感性无功容量。

额定最大补偿容量应满足 GB/T 29321—2012 中 7.1.2 的规定。

B.2.5 接地

连接到接地回路的元件还应包括光伏逆变器的壳体、低压无功补偿装置的框架或外壳(如果是金属的)。

B.2.6 铭牌

光伏预装式变电站铭牌还应包括下列内容:

- 并网额定电压等级;
- 并网额定输出电流;
- 并网输出额定容量。

B.2.7 外壳提供的防护等级

光伏预装式变电站的使用环境一般比较恶劣,防护等级一般要求为 IP54。

B.2.8 爬电距离

对于光伏逆变器,NB/T 32004—2013 的 7.2.4.7 爬电距离的规定适用。

对于低压无功补偿装置,GB/T 22582—2008 的 5.2.3.2.2 的规定适用。

B.2.9 隔室

变压器和逆变器应放置在不同的隔室,以降低变压器与逆变器之间的温度影响。

B.2.10 声发射

光伏预装式变电站中的光伏逆变器也是主要声源,应按照 GB/T 30427—2013 在完整的光伏预装式变电站上确定声级水平,并应考虑开关设备、变压器外壳及逆变器外壳间的任何相互作用。

B.2.11 电能质量要求

光伏预装式变电站输出并网的电能质量要求应满足 GB/T 19964—2012 的规定。

B.3 试验要求

B.3.1 概述

强制的型式试验项目中增加下述项目:

- 验证预装式变电站并网点电能质量的试验;
- 光伏逆变器低电压穿越试验(可用逆变部件的型式试验代替)。

B.3.2 低压连接线的绝缘试验

光伏预装式变电站的低压连接是指电力变压器的低压端子、光伏逆变器以及低压无功补偿装置与低压开关设备和控制设备之间的电气连接。

因为光伏逆变器和低压无功补偿装置属于由电力电子器件组成的设备,所以只能单独对其进行绝缘试验,不与内部连接线一起进行试验。

B.3.3 温升试验

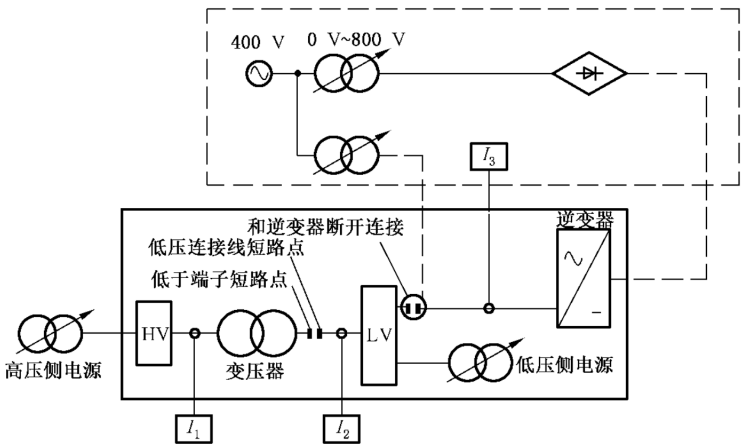
对于温升试验,考虑到光伏逆变器的损耗较大,光伏逆变器的温升试验应同时进行。若受试验条件的限制,无法再现实际工况的情况,可采用模拟负载的方式,但试验尽可能地靠近低压侧。

光伏逆变器应施加受试逆变器的额定交流电压和 MPPT 电压范围内的直流电压,调节逆变器的输出功率使逆变器工作在额定输出功率和额定输出电流下。

光伏逆变器的温升测量点为 GB/T 30427—2013 中 6.12 规定的逆变器主要部件和部位。

光伏逆变器主要部件和部位的极限温升值按 GB/T 30427—2013 中 6.12 的表 9 所示。光伏逆变器在外壳内和外壳外的温升均不应超过产品标准所规定的温升限值。光伏逆变器在外壳内部的温升与同一逆变器在外壳外部的温升值之差,不大于预装式变电站的额定外壳级别规定的数值。

温升试验的接线图见图 B.1、图 B.2 和图 B.3。



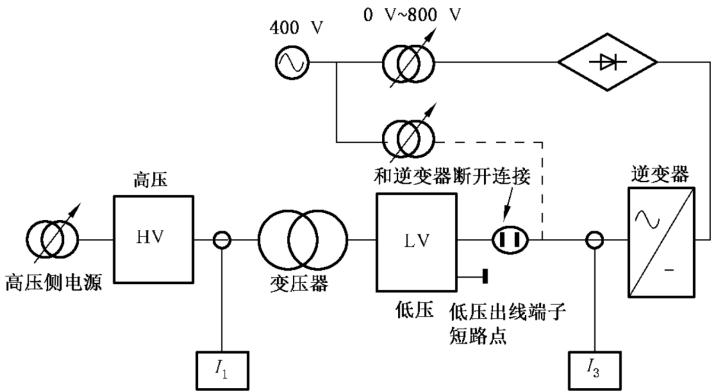
说明:

I_1 ——使液浸式变压器产生额定总损耗的电流或干式变压器的高压侧额定电流;

I_2 ——变压器的低压侧额定电流;

I_3 ——逆变器的交流侧额定电流。

图 B.1 优选的温升试验接线图

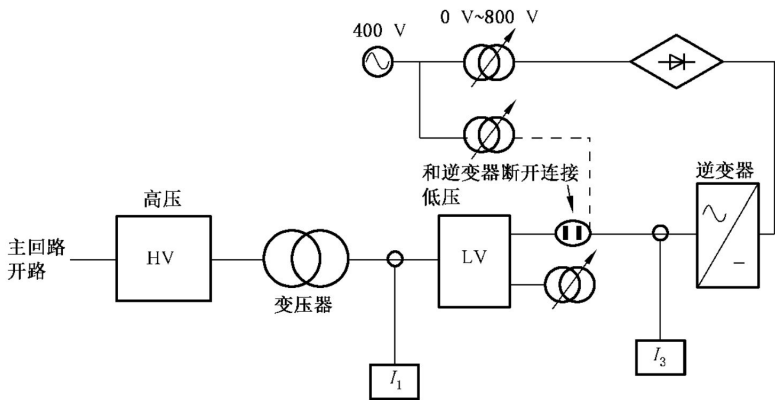


说明:

I_1 ——产生液浸式变压器额定总损耗的电流或干式变压器的高压侧额定电流;

I_3 ——逆变器的交流侧额定电流。

图 B.2 替代的温升试验方法接线图



说明：
 I_1 ——变压器空载电流；
 I_3 ——逆变器的交流侧额定电流。

图 B.3 温升试验开路试验接线图

B.3.4 检验能满足操作的功能试验

增加以下项目：
——光伏逆变器及低压无功补偿装置柜门滤网的清洁是否方便。

B.3.5 并网点电能质量的试验

B.3.5.1 并网电流谐波试验

试验测量点选定在逆变器与电网连接的电网侧，试验在逆变器输出为额定功率时进行。用电能质量分析仪测量出电流谐波总畸变率和各次谐波电流含有率。
注入电网的电流谐波总畸变率限值为 5%，奇次谐波电流含有率限值和偶次谐波电流含有率限值分别见表 B.1 和表 B.2。同时应测量 30%、50%、70% 负载点处的各次电流谐波值，其值不得超过额定功率运行时逆变器注入电网的各次谐波电流值。

表 B.1 奇次谐波电流含有率限值

| 奇次谐波次数 | 含有率限值/% |
|------------------------------------|---------|
| 3 rd ~9 th | 4.0 |
| 11 th ~15 th | 2.0 |
| 17 th ~21 st | 1.5 |
| 23 rd ~33 rd | 0.6 |
| 35 th 以上 | 0.3 |

表 B.2 偶次谐波电流含有率限值

| 偶次谐波次数 | 含有率限值/% |
|------------------------------------|---------|
| 2 nd ~10 th | 1.0 |
| 12 th ~16 th | 0.5 |

表 B.2 (续)

| 偶次谐波次数 | 含有率限值/% |
|-------------------------------------|---------|
| 18 th ~ 22 nd | 0.375 |
| 24 th ~ 34 th | 0.15 |
| 36 th 以上 | 0.075 |

由于电压畸变可能会导致更严重的电流畸变,使得谐波测试存在一定的问题。注入谐波电流不应包括任何由未连接光伏系统的电网上的谐波电压畸变引起的谐波电流。满足上述要求的型式试验的逆变器可视为符合条件,不需要进一步的检验。

B.3.5.2 功率因数测定试验

GB/T 30427—2013 的 7.4.4 适用,并作如下补充:

试验测量点选定在逆变器与电网连接的电网侧,用电能质量分析仪或功率因数表测量出的功率因数(PF)值应符合:当逆变器输出有功功率大于其额定功率的 50%时,功率因数应不小于 0.98(超前或滞后),输出有功功率在其额定功率的 20%~50%之间时,功率因数应不小于 0.95(超前或滞后)。

B.3.5.3 电网频率响应试验

试验在逆变器能够工作的最小功率点处进行,设置电网模拟器的输出频率值,当电网频率在额定频率变化时,逆变器的工作状态应满足表 B.3 的要求。当因为频率响应的问题逆变器切出电网后,在电网频率恢复到允许运行的电网频率时逆变器应能重新启动运行。

B.3.5.4 电压不平衡度试验

光伏逆变器在额定功率运行时,测量其公共连接点的三相电压不平衡度,其值应不超过 GB/T 15543—2008 规定的限值,公共连接点的负序电压不平衡度应不超过 2%,短时不得超过 4%;逆变器引起的负序电压不平衡不超过 1.3%,短时不超过 2.6%。

B.3.6 低电压穿越试验

低电压穿越是指当电力系统事故或扰动引起光伏预装式变电站并网点电压跌落时,在一定的电压跌落范围和时间间隔内,光伏预装式变电站能够保证不脱网连续运行。

光伏预装式变电站内的光伏逆变器如果已进行低电压穿越试验,则该光伏预装式变电站可免做本项试验。

对于光伏逆变器,GB/T 30427—2013 中 7.6.1.6 适用。

表 B.3 电网频率的响应

| 频率(f)范围 | 逆变器响应 |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| $f < 48 \text{ Hz}$ | 逆变器 0.2 s 内停止运动 |
| $48 \leq f \leq 49.5 \text{ Hz}$ | 逆变器运行 10 min 后停止运行 |
| $49.5 < f \leq 50.2 \text{ Hz}$ | 逆变器正常运行 |
| $50.2 < f \leq 50.5 \text{ Hz}$ | 逆变器运行 2 min 后停止运行,此时处于停运状态的逆变器不得并网 |
| $f > 50.5 \text{ Hz}$ | 逆变器 0.2 s 内停止向电网供电,此时处于停运状态的逆变器不得并网 |

附 录 C
(资料性附录)
外壳中变压器的额定值

C.1 概述

根据 GB/T 1094.2—2013 和 GB/T 1094.11—2007, 变压器的额定容量是年平均温度为 20 °C 的值。这导致了最大允许周围空气温度 40 °C 时的裕度为 20 K。不同的年平均温度值和不同的变电站外壳等级导致了不同的负荷系数, 见图 C.1 到图 C.9。

与预装式变电站额定最大容量对应的变压器, 对于不同的外壳级别和周围温度, 能够承载不同的负荷。本附录给出了确定液浸式变压器或干式变压器负荷系数的方法。

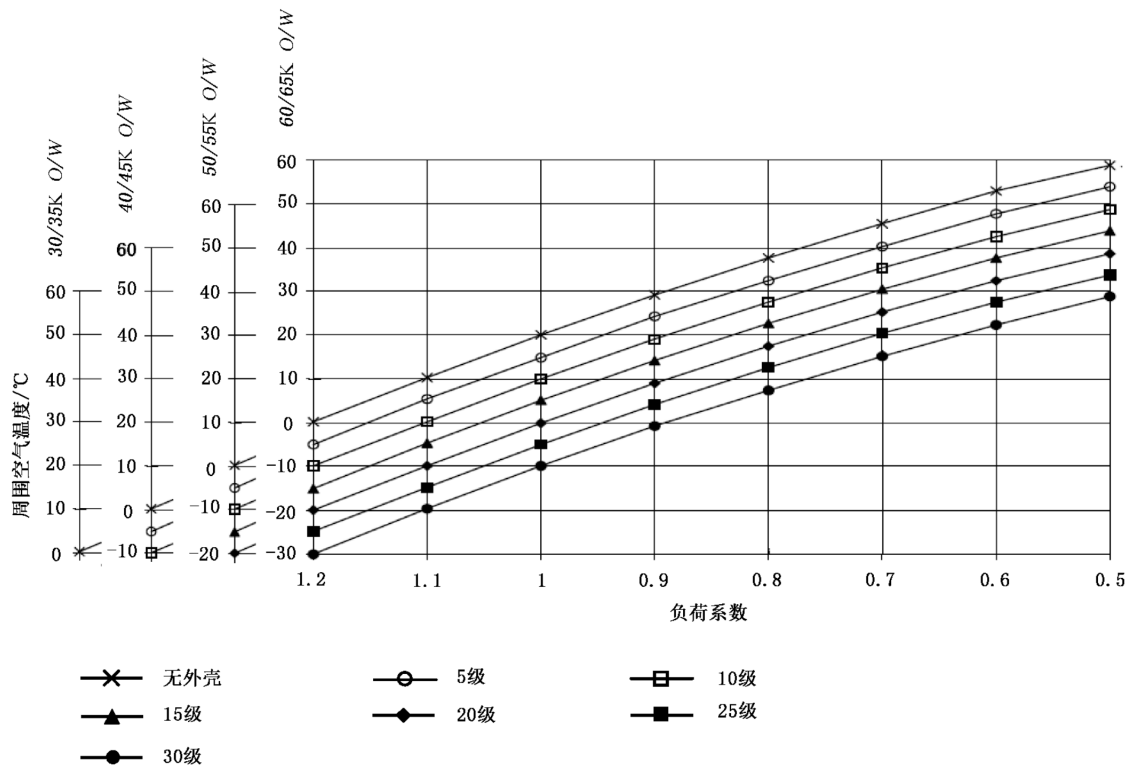
变压器的最高热点温度应保持与外壳无关, 因此, 有必要降低变压器的容量来保证不超过该热点温度。对于液浸式变压器, GB/T 1094.7—2008 中给出了最高热点温度; 对于干式变压器, 在 GB/T 1094.12—2013 中给出了取决于绝缘材料温度等级的最高热点温度。

注: 由于采用一条曲线不存在测量误差, 对于空载/负载损耗比给出了一组曲线。这些曲线对于损耗比值在 1 : 2 ~ 1 : 12 之间有效。

C.2 液浸式变压器

宜按下述各条款使用图 C.1 的曲线:

- a) 选出代表外壳级别的曲线;
- b) 在纵轴上找到在一段时间内预装式变电站安装处的周围温度平均值;
- c) 结合不加预装式变电站外壳的变压器顶层油的最大温升限值, 外壳级别线和周围温度线的交点确定了变压器的允许负荷系数。



O/W = 油/绕组的最大温升限值。

图 C.1 外壳中液浸式变压器的负荷系数

C.3 干式变压器

图 C.2 根据变压器电气绝缘系统温度(见 GB/T 1094.11—2007 的表 2)给出了没有变电站外壳的负荷系数。

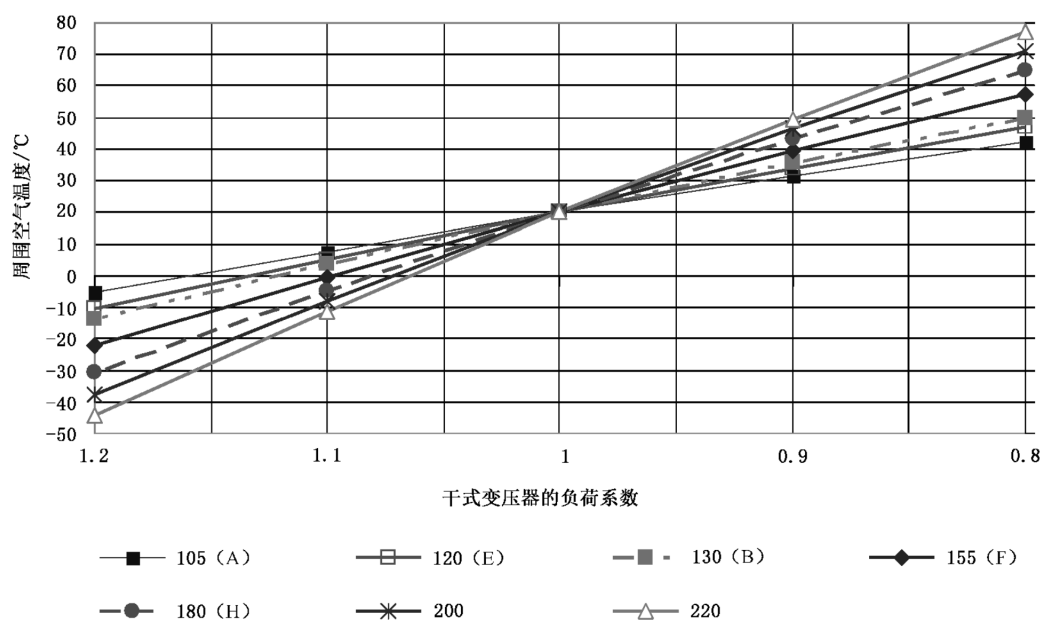


图 C.2 外壳外的干式变压器的负荷系数

图 C.3 到图 C.9 根据外壳级别和变压器绝缘系统给出了干式变压器的负荷系数,变压器的绝缘系统分别为:图 C.3(105 ℃)/图 C.4(120 ℃)/图 C.5(130 ℃)/图 C.6(155 ℃)/图 C.7(180 ℃)/图 C.8(200 ℃)/图 C.9(220 ℃)。

建议按下述各条款使用图 C.3 到图 C.9 的曲线:

- 根据变压器的电气绝缘系统温度,在正确的图中选出代表外壳级别的曲线;
- 在纵轴上找到在一段时间内变电站安装处的周围温度平均值;
- 外壳级别线和周围温度线的交点给出了每个绝缘系统温度允许的变压器负荷系数。

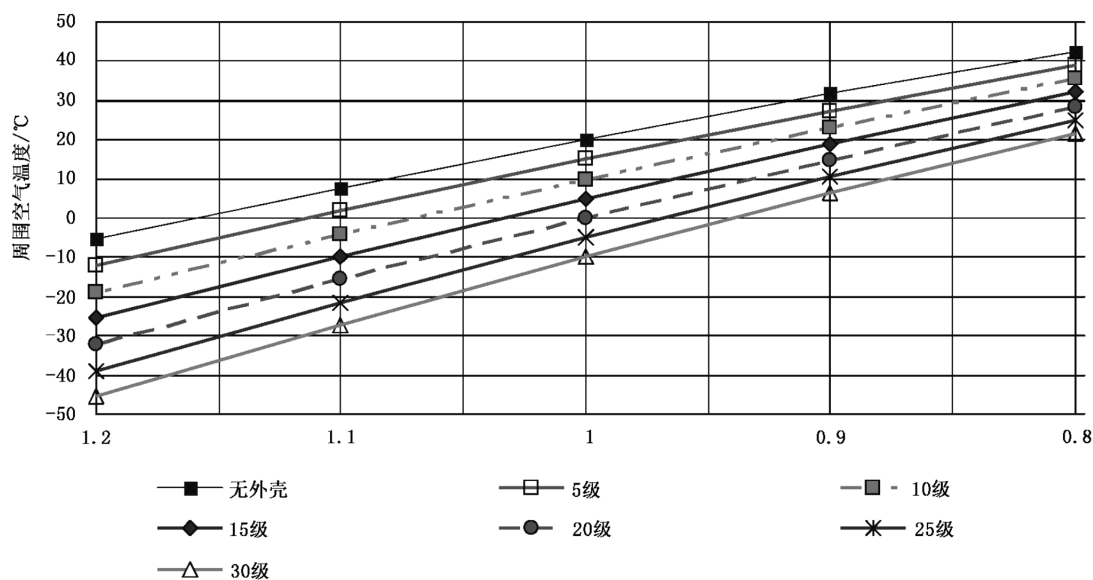


图 C.3 外壳中绝缘等级 105 ℃ (A) 的干式变压器的负荷系数

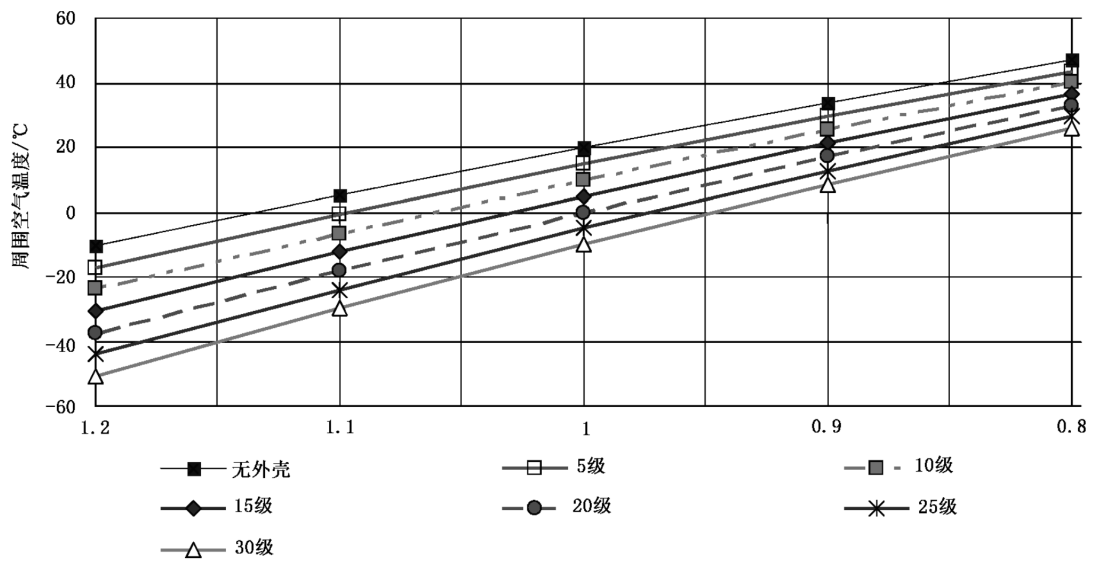


图 C.4 外壳中绝缘等级 120 °C (E)的干式变压器的负荷系数

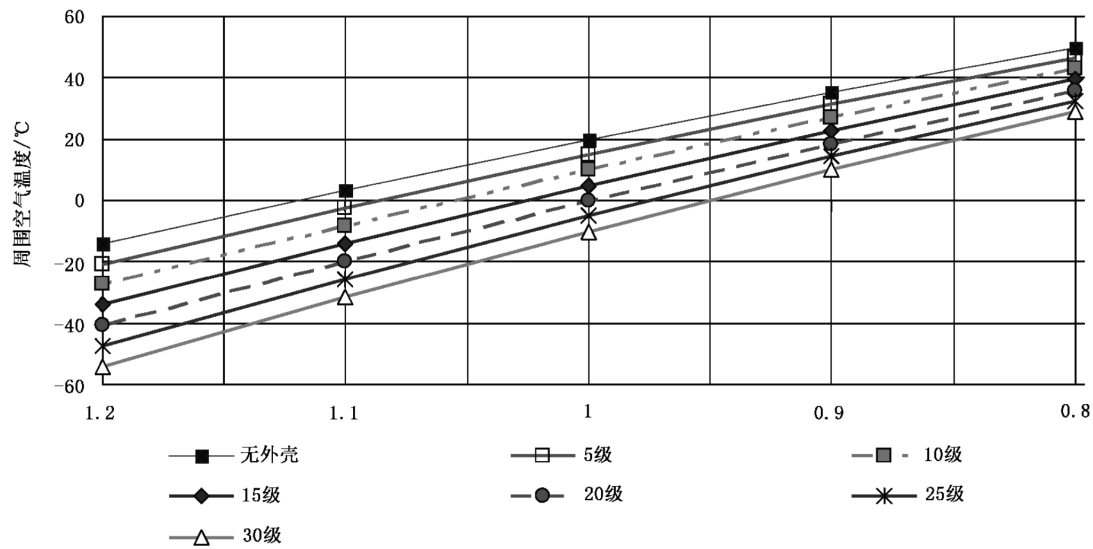


图 C.5 外壳中绝缘等级 130 °C (B)的干式变压器的负荷系数

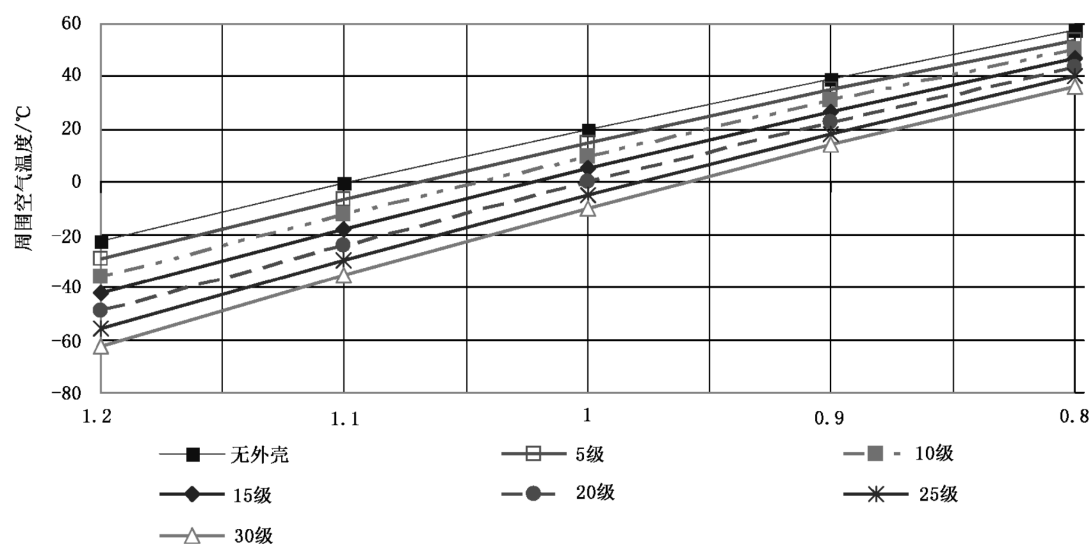


图 C.6 外壳中绝缘等级 155 °C (F) 的干式变压器的负荷系数

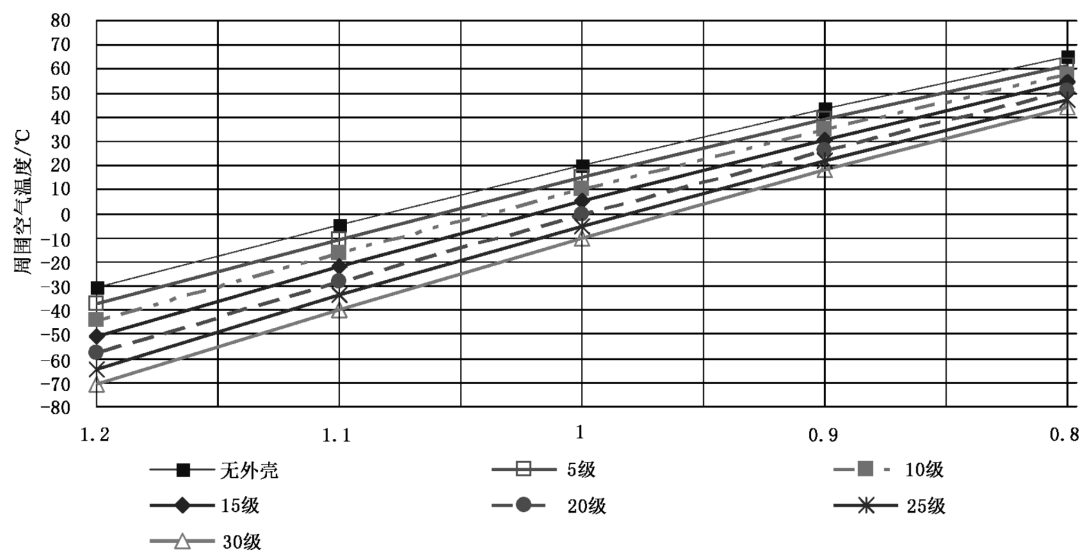


图 C.7 外壳中绝缘等级 180 °C (H) 的干式变压器的负荷系数

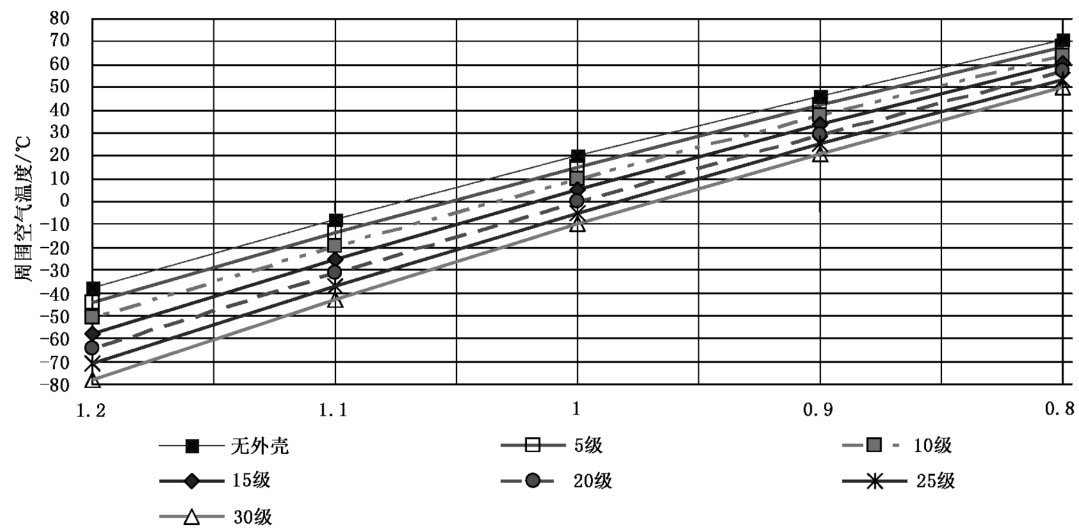


图 C.8 外壳中绝缘等级 200 °C (H) 的干式变压器的负荷系数

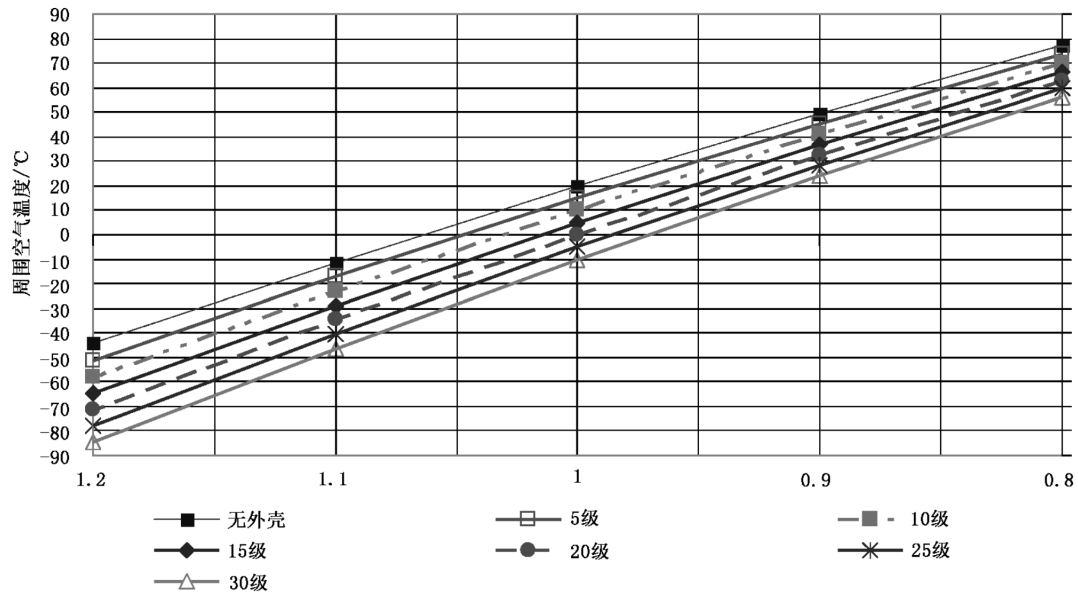


图 C.9 外壳中绝缘等级 220 °C (H) 的干式变压器的负荷系数

C.4 示例

前提:

- 安装处周围温度的年平均值为 10 °C；
- 在冬季周围温度的平均值为 0 °C；
- 在夏季周围温度的平均值为 20 °C；
- 负荷的年平均值为 900 kVA；
- 在冬季负荷的平均值为 800 kVA；
- 在夏季负荷的平均值为 1 000 kVA；
- 变压器油/绕组的温升为 60 K/65 K。

问题 1:

对 1 250 kVA、13 kW 总损耗的液浸式变压器,其热点温度和液面温度均不超过最大值,油/绕组的温升为 60 K/65 K 时,需选用哪种额定外壳级别?

答案:

- 对周围温度年平均值 10 ℃和负荷系数 0.72,图 C.1 推荐使用级别 30 的外壳;
- 对冬季周围温度平均值 0 ℃和负荷系数 0.64,图 C.1 推荐使用级别 30 的外壳;
- 夏季周围温度平均值 20 ℃和负荷系数 0.8,图 C.1 推荐使用级别 15 的外壳。

结论:

对最大容量 1 250 kVA、最大损耗 13 kW 的变压器,只能选用级别 15、级别 10 和级别 5 的外壳。

问题 2:

在上述前提下,选用级别 20 的外壳,变压器的允许负荷系数是多少?

答案:

- 对周围温度年平均值 10 ℃和级别 20,图 C.1 给出的最大负荷系数为 0.9(>0.72);
- 对冬季周围温度平均值 0 ℃和级别 20,图 C.1 给出的最大负荷系数为 1.0(>0.64);
- 对夏季周围温度平均值 20 ℃和级别 20,图 C.1 给出的最大负荷系数为 0.77(<0.8)。

结论:

如果选用级别 20 的外壳,在夏季变压器的负荷应受到限制。

问题 3:

与上述相同的假设,但外壳级别为 25,变压器允许的负荷系数无限制时的温升为多少?

答案:

- 对周围空气温度年平均值 10 ℃、外壳级别 25、变压器温升在 50/55 K(O/W),图 C.1 给出的最大负荷系数为 0.94;
- 对冬季周围温度平均值 0 ℃、外壳级别 25、变压器同样的温升,图 C.1 给出的最大负荷系数为 1.05;
- 对夏季周围温度平均值 20 ℃、外壳级别 25,图 C.1 给出的最大负荷系数为 0.83。

变压器温升在 50/55 K(O/W),不同外壳级别时图 C.1 给出的最大负荷系数见表 C.1。

表 C.1 不同外壳级别时变压器的最大负荷系数

| 周围空气平均温度/℃ | 要求的变压器 负荷系数 | 最大负荷系数 | | |
|------------|----------------|----------|----------|----------|
| | | 外壳级别为 20 | 外壳级别为 25 | 外壳级别为 30 |
| 10 | 0.72 | 1 | 0.94 | 0.9 |
| 0 | 0.64 | 1.1 | 1.05 | 1.0 |
| 20 | 0.8 | 0.9 | 0.83 | 0.766 |

结论:

如果变压器温升为 50/55 K(O/W),那么无负荷限制的外壳级别应为 25 是必要的。

问题 4:

与上述相同的假设,但为干式变压器且外壳级别为 30,在相同的温度和负荷范围内,干式变压器应用什么等级的绝缘?

答案:

- 对周围空气温度年平均值 10 ℃、外壳级别 30、干式变压器的绝缘等级为 105 ℃,图 C.3 给出的最大负荷系数为 0.879(>0.72);

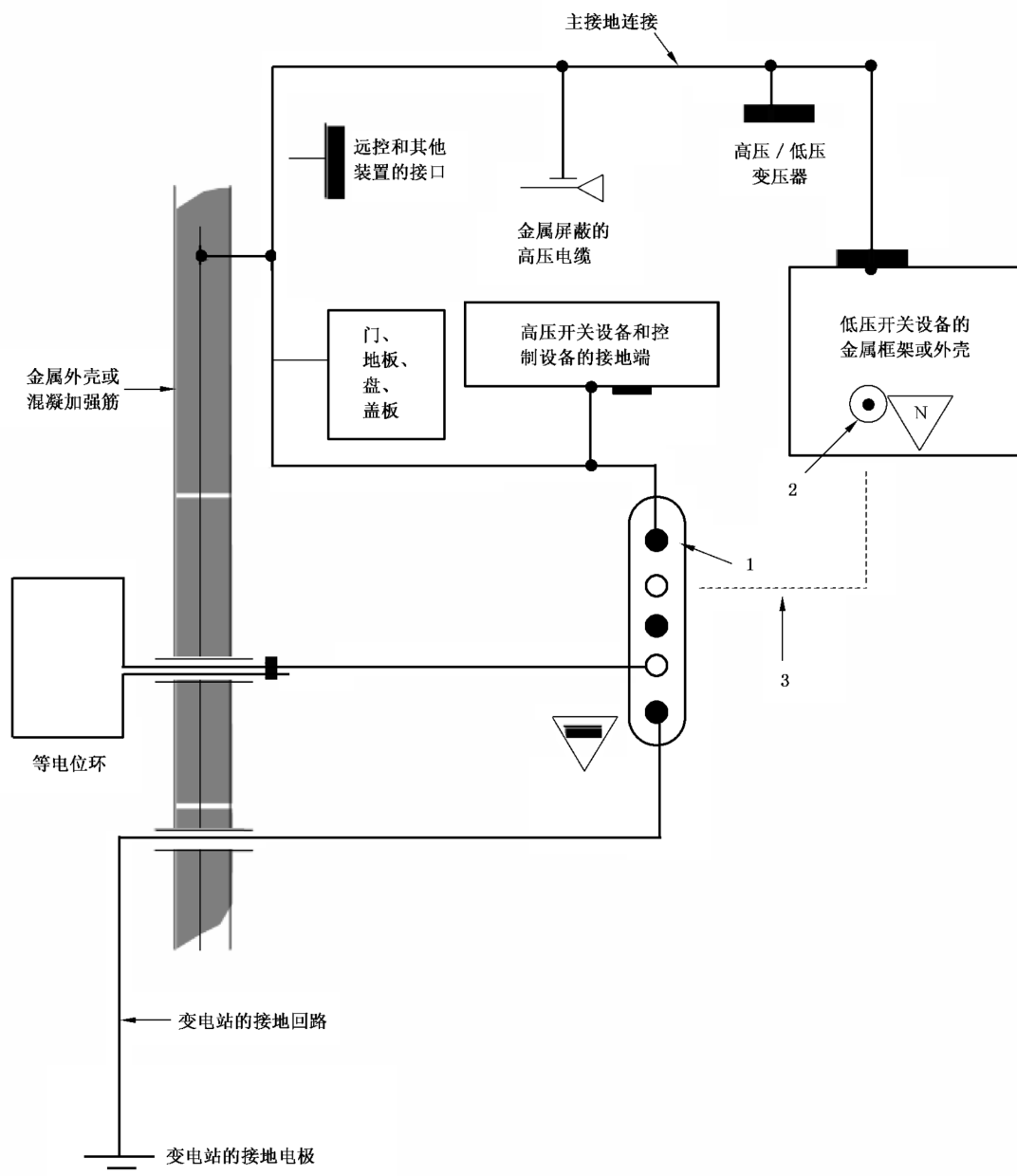
- 对冬季周围温度平均值 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、外壳级别 30、干式变压器的绝缘等级为 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，图 C.3 给出的最大负荷系数为 $0.943(>0.64)$ ；
- 对夏季周围温度平均值 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、外壳级别 30，干式变压器的绝缘等级为 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，图 C.3 给出的最大负荷系数为 $0.81(>0.8)$ 。

结论：

绝缘等级为 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、外壳级别 30 的干式变压器可用作 50/55 K(O/W)时外壳级别为 25 的油变压器。

附录 D
(资料性附录)
接地回路示例

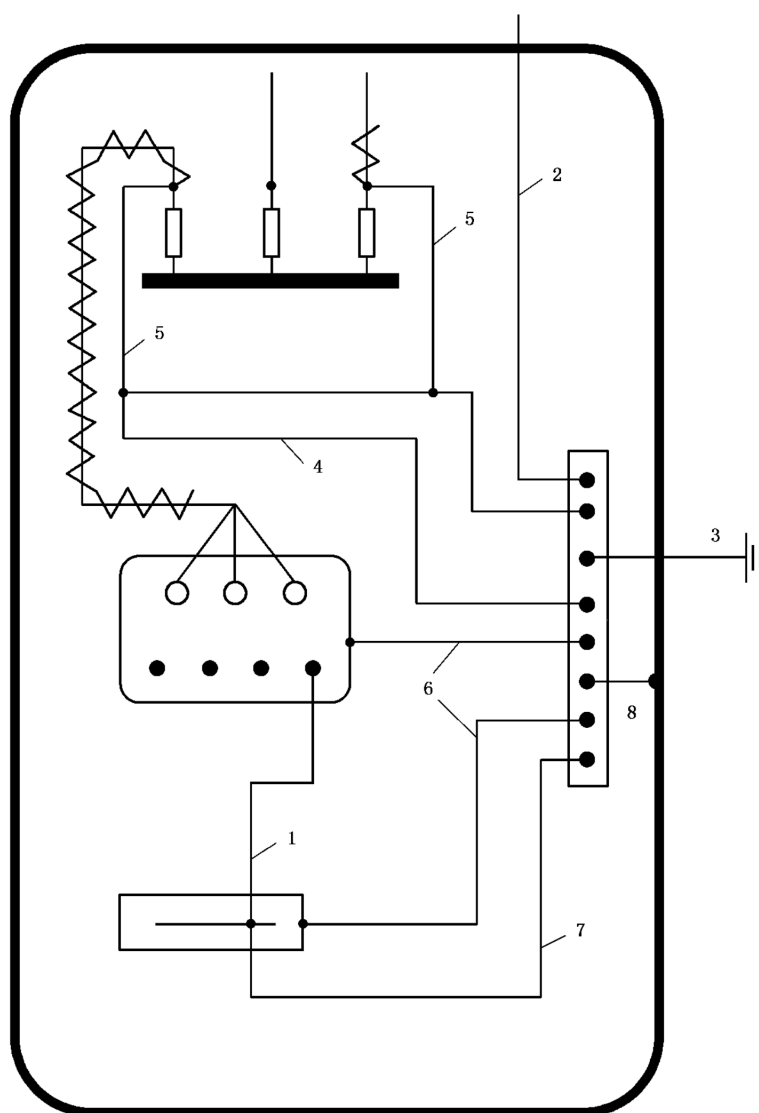
接地回路示例见图 D.1、图 D.2 和图 D.3。



说明：

- 1——接地板；
- 2——连接到地的低压中性端子；
- 3——低压中性线连接至接地板，替代的方式是按照安装规则与独立的低压中性接地电极连接。

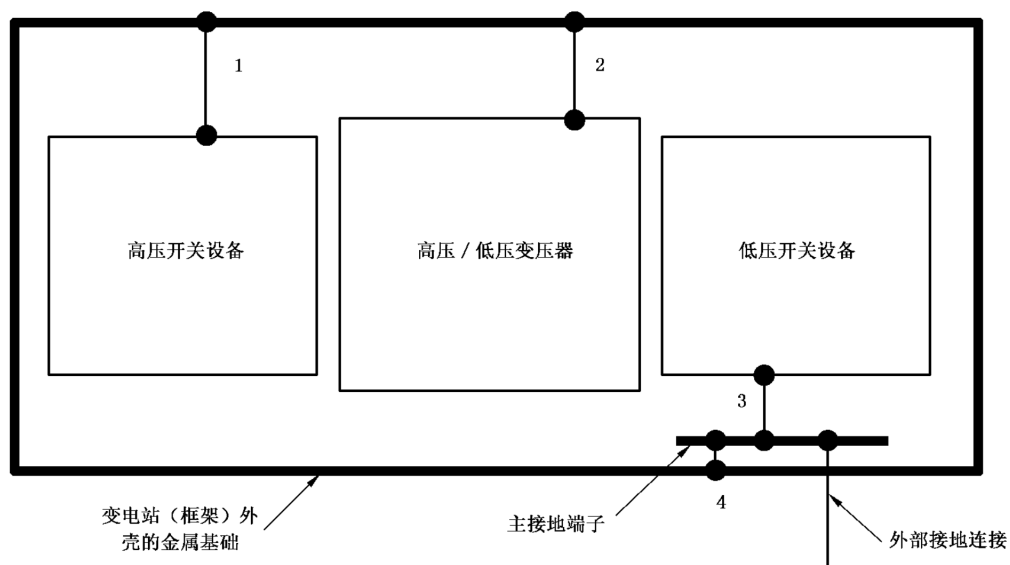
图 D.1 接地回路示例



说明：

- 1——低压中性导体；
- 2——预装式变电站附加的接地点(根据土壤条件)；
- 3——外部接地；
- 4——高压开关设备的接地；
- 5——高压电缆屏蔽的接地；
- 6——变压器和低压框架的接地；
- 7——主低压中性母线的接地；
- 8——外壳接地。

图 D.2 接地回路示例



说明：

- 1——高压开关设备到金属基础的接地连接；
- 2——变压器箱体到金属基础的接地连接；
- 3——低压开关设备到金属基础的接地连接；
- 4——主接地端子到金属基础的接地连接。

图 D.3 框架内作为主接地导体的接地回路示例

附录 E

(规范性附录)

内部电弧故障——验证高压侧内部电弧等级(IAC)的方法

E.1 概述

本附录适用于 IAC 级的预装式变电站,本附录给出了验证预装式变电站高压侧内部电弧等级的方法。

A 类可触及性试验的主要目的是验证预装式变电站高压侧的可触及侧对操作人员提供的防护。对要在变电站进行其他活动的人员的防护,尤其是需要打开其他门板(例如:低压侧的),不在本附录考虑的范围内。因此,除了预装式变电站高压侧(高压开关设备和控制设备及高压连接)操作时需要打开的门之外,在试验时其他门应正确关闭并且试验后也应保持关闭。

B 类可触及性试验的主要目的是验证对靠近预装式变电站的一般公众提供的防护。因此试验时预装式变电站的所有门均应正确关闭。

E.2 房间模拟

为了验证在预装式变电站内部对操作人员提供的防护,内部电弧试验应采用具有预装式变电站外壳的试品进行。如果可行,对于大型的预装式变电站,只要在气流方向、外壳强度和压力释放装置方面的条件更严酷,试验可以在模拟操作区域的房间内进行。只要它们和运行时一样安装,可以采用所有其他的元件或者它们有效的模拟品。

预装式变电站设计为户外设施。因此,对于用来验证预装式变电站外部提供的防护水平的内部电弧试验,不需要进行预装式变电站周围的房间模拟。但是,如果怀疑预装式变电站周围的地面对预装式变电站的性能有影响,可能需要进行地面模拟。

如果制造厂对预装式变电站的设计要求具有电缆通道和/或所有其他在内部电弧期间用于排气的泄压通道,则制造厂应明确其横截面尺寸和位置。试验应在能够模拟这些泄压通道的条件下进行。

这些要求应明确规定,特别是在涉及 IAC 等级有效性的说明书中(见第 11 章)。

E.3 指示器(用于评估气体的热效应)

E.3.1 概述

指示器为黑色的棉布片,布置时不要让它们的切边朝向试验单元。

对于 A 类可触及性,应采用黑色的印花棉布(棉纤维制品,单位面积质量约为 150 g/m^2)作指示器。对于 B 类可触及性,应采用黑色的棉衬布(单位面积质量约为 40 g/m^2)作指示器。

应注意保证垂直指示器不能相互点燃。这可以通过将它们固定在钢板制成的、深度为 $2 \times 30_{-3}^{+0} \text{ mm}$ 的安装框中(见图 E.1)来实现。

对于水平指示器,应注意飞出的粒子不应积聚。这可以通过将它们安装在框架上来实现(见图 E.2)。

指示器的尺寸应为 $150 \text{ mm} \times 150_{+0}^{+15} \text{ mm}$ 。

E.3.2 指示器的布置

指示器应均匀布置在方格盘上,覆盖 40%~50%的区域,且朝向气体可能喷出的所有各点(例如,接缝、观察窗、门),指示器到试品的距离取决于可触及类型。

考虑到从受试表面逸出热气体的最大角度为 45°,安装架的长度应大于相应的受试区域。这意味着,只要预装式变电站的布置和试验的布置不会限制安装架的延伸,对于 A 类可触及性,安装架的两端均应长出试品 300 mm;对于 B 类可触及性,安装架的两端均应长出试品 100 mm。

在所有情况下,垂直安装的指示器到试品的距离是从外壳的表面量起,不考虑凸出的元件(例如,手柄、电器的框架等)。如果试品的表面不规则,指示器的位置应尽可能实际地模拟操作人员或一般公众在设备前可能站立的位置,按照可触及性的类别布置在上述位置。

a) 验证对操作人员的防护水平——A 类可触及性(受限的可触及性)

按操作模式及试验部位的不同,指示器的布置如下:

- 1) 对从预装式变电站内部操作[5.102.2.1 注 1 的 a)]的高压开关设备进行内部电弧故障试验时,指示器的布置应按照 GB/T 3906—2020 的附录 A 的 A 类可触及性的要求[见图 E.3a)]。

注:通常,某些种类的隔板或障板为敞开在空气中的导体和连接提供了“不可触及”的条件。

如果预装式变电站的设计包含接受废气的地下部分,那么从站立在地板上的操作人员的安全性角度考虑应对地板的性能进行评估。应考虑以下两种情况:

- 如果地板的设计与结构使得地板可以更换,或废气可以从地板的空隙或接缝处逸出,那么应在距地板 100 mm 处布置另外的带指示器的水平架[见图 E.3b)];
- 在其他情况下,该水平架不必要。

- 2) 对从预装式变电站外部操作[5.102.2.1 注 1 的 b)]的高压开关设备进行内部电弧故障试验时,指示器应布置在操作侧(门打开)的前面,距离开关设备 300 mm。如果在变电站内部,高压开关设备前面距变电站外壳内侧的距离超过 300 mm,指示器应位于门关闭的位置。还应在距地面 2 m 处布置水平指示器,并覆盖距离高压开关设备 300 mm 到 800 mm 的整个区域[见图 E.3c)]。

预装式变电站的其他侧面没有必要布置指示器。

除了高压开关设备和控制设备前面的门打开之外,其他的所有门均应正确关闭。

如果从外部操作的预装式变电站的设计包含回收预装式变电站周围废气的地下容器,那么从站立在其上面的操作人员的安全性角度考虑,应对该容器的盖板的性能进行评估。在这种情况下,应在距地板 100 mm 处设置另外的带指示器的水平架[见图 E.3d)]。

- 3) 对高压连接线进行内部电弧试验时,指示器应位于所有可触及侧,距离正常操作条件下操作人员可能触及的最近位置 300 mm。

b) 验证对一般公众的防护水平——B 类可触及性

如果没有对预装式变电站进行操作,所有的盖板和门应和正常运行条件一样关闭并锁定。

指示器到预装式变电站的距离应为 100 mm。

按照预装式变电站的实际高度不同,指示器的布置如下:

- 1) 预装式变电站的实际高度小于 1.9 m,垂直指示器应布置在从地面直到高于试品 100 mm、预装式变电站的所有可触及侧,水平指示器应布置在距试品顶部 100 mm 的试品上方[见图 E.3e)]。

如果通风口和压力释放装置作为顶部设计的一部分,位于方格盘上的指示器应朝向开口处,并距离开口处 100 mm。

如果预装式变电站的顶部不是水平的,那么指示器应沿着其斜度布置,距离顶部

100 mm。

- 2) 预装式变电站的高度等于或大于 1.9 m,垂直指示器应布置在高度为 2 m 及以下预装式变电站的所有可触及侧,水平指示器应布置在地面上方 2 m 处,并覆盖距离预装式变电站 100 mm 和 800 mm 之间的整个区域[见图 E.3e)]。

如果从外部操作的预装式变电站的设计包含回收预装式变电站周围废气的地下容器,那么从站立在其上面的一般公众的安全性角度考虑,应对该容器的盖板的性能进行评估。应考虑以下两种情况:

- 如果盖板的设计与结构使得盖板可以更换,或允许废气从盖板的空隙或接缝处逸出,那么应在距盖板 100 mm 处布置另外的带指示器的水平架[见图 E.3f)];
- 在其他情况下,该水平架不必要。

E.4 试验布置的几何尺寸误差

本标准给出了试验布置的几何尺寸误差(这里给出的值仅作为实际试验布置的公差,并不是对要求值的延伸):

- 指示器尺寸: $+^{15}_0$ mm;
- 指示器钢架深度: $^0_{-3}$ mm;
- 指示器高度: ± 50 mm;
- 试品和指示器间的距离:
 - A 类可触及性: ± 30 mm;
 - B 类可触及性: ± 5 mm。

E.5 试验参数

GB/T 3906—2020 的 A.4 适用。

E.6 试验程序

高压开关设备的试验程序和试验次数取决于该开关设备按照 GB/T 3906—2020 是否具有 IAC 等级。图 E.4 和图 E.5 为被试高压隔室提供了选择标准。

高压开关设备的内部电弧试验应根据 GB/T 3906—2020 中 A.5 按照对金属封闭开关设备的 IAC 级进行,包括电弧的起弧点。

内部连接线的试验程序和试验次数取决于开关设备内部的变压器保护类型及内部连接线的类型。图 E.6 和图 E.7 为被试高压连接线提供了选择标准。

高压连接线的内部电弧故障试验,如果适用,应按照 GB/T 3906—2020 中附录 A 的规定进行。

GB/T 3906—2020 的 A.5 的内容适用。

引弧点应放在离电源最远的可触及点。馈电方向应按照运行中正常的预期能量流动方向。

对于预装式变电站的每一种可触及类型,在高压开关设备的开关隔室中,实施三相引弧(见图 E.4 和图 E.5)是强制的。此外,根据制造厂和用户的协议,可能允许在高压开关设备的其他隔室引弧。

符合 GB/T 2900.10—2013 的 461-10-15 定义的、采用高压绝缘且接地屏蔽的内部连接线(且装有绝缘的接地屏蔽连接),不必进行内部电弧试验(见图 E.6 和图 E.7)。但是制造厂和用户之间可以协商进行非强制性试验。此时,GB/T 3906—2020 中 A.5.2.3.1 适用。

符合 GB/T 2900.10—2013 的 461-10-16 或 461-10-21 定义的、装有绝缘连接的高压固体绝缘内部

连接线应实施内部电弧故障试验。

单位为毫米

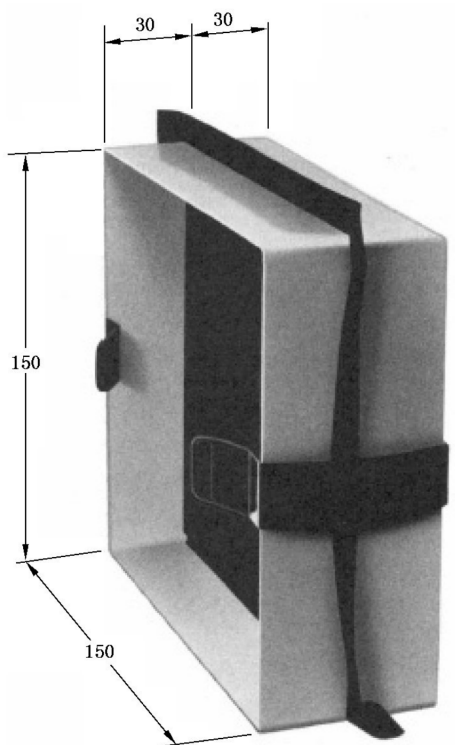


图 E.1 垂直指示器的安装框架

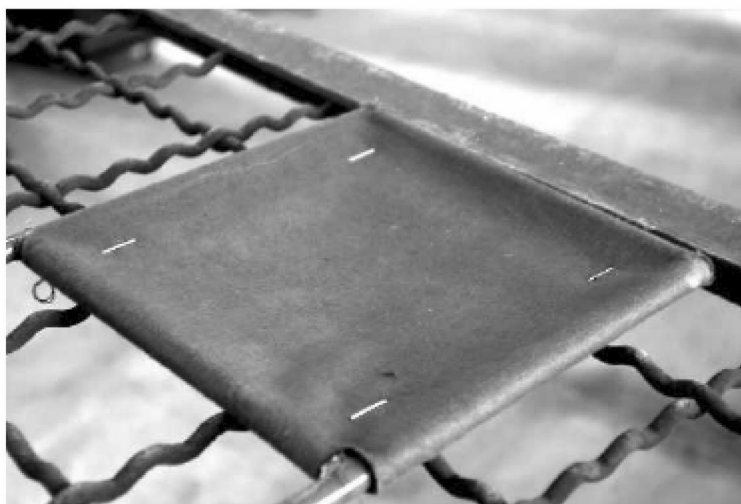
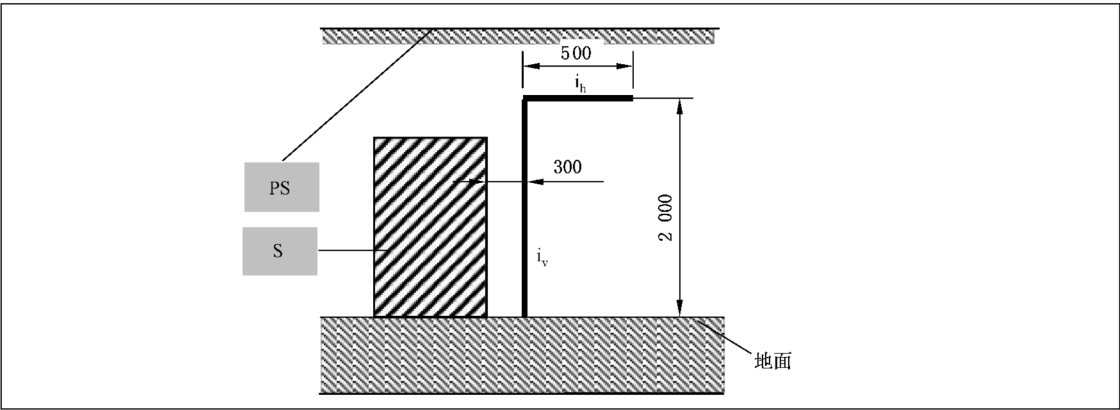
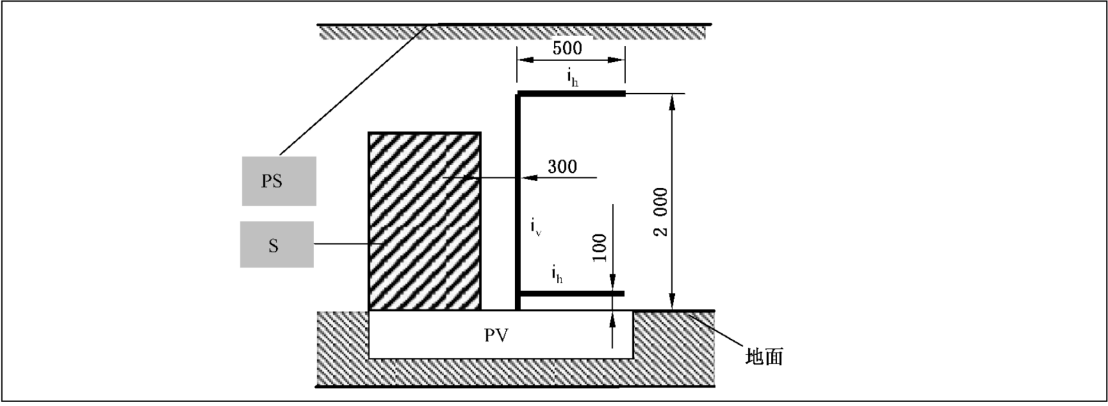


图 E.2 水平指示器

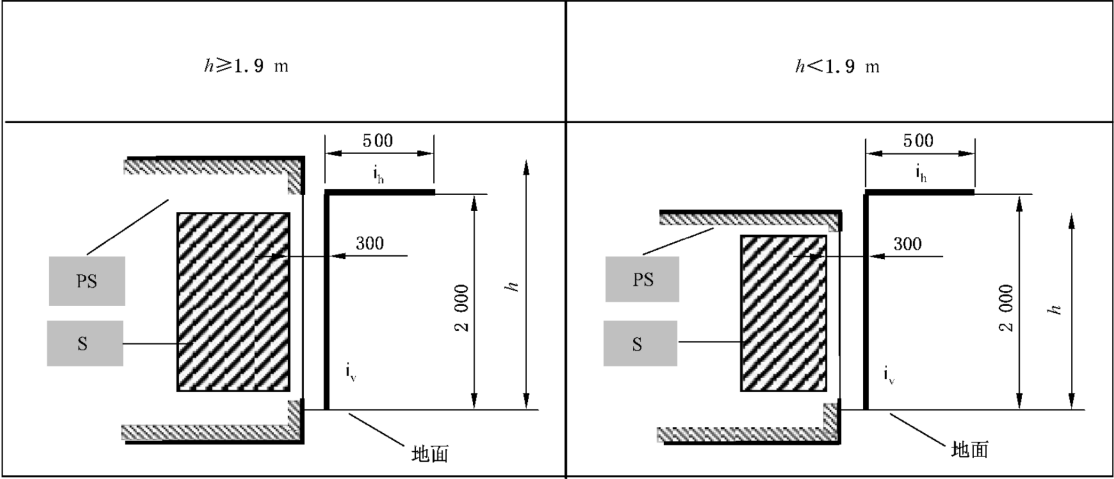
单位为毫米



a) 从内部操作的预装式变电站,对处于高压开关设备前面的操作人员的防护



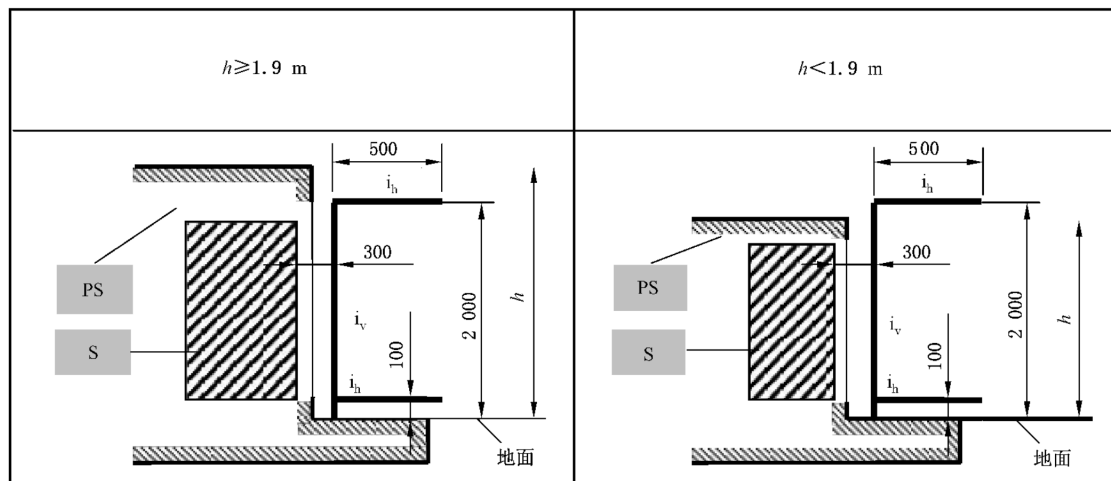
b) 从内部操作的并带有地下压力释放容器的变电站,对处于高压开关设备前面的操作人员的防护



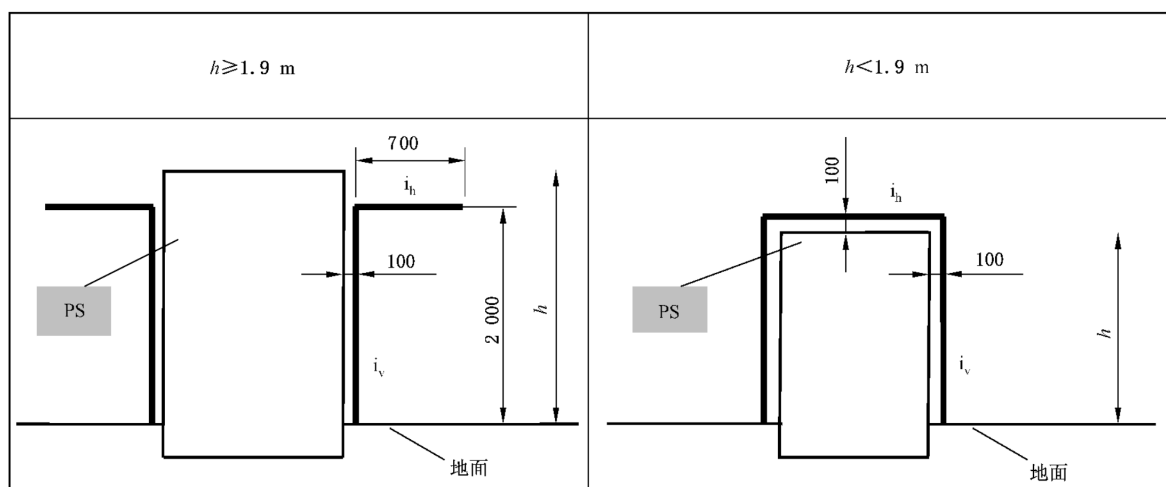
c) 从外部操作的预装式变电站,对处于开门侧前面的操作人员的防护

图 E.3 指示器的布置

单位为毫米



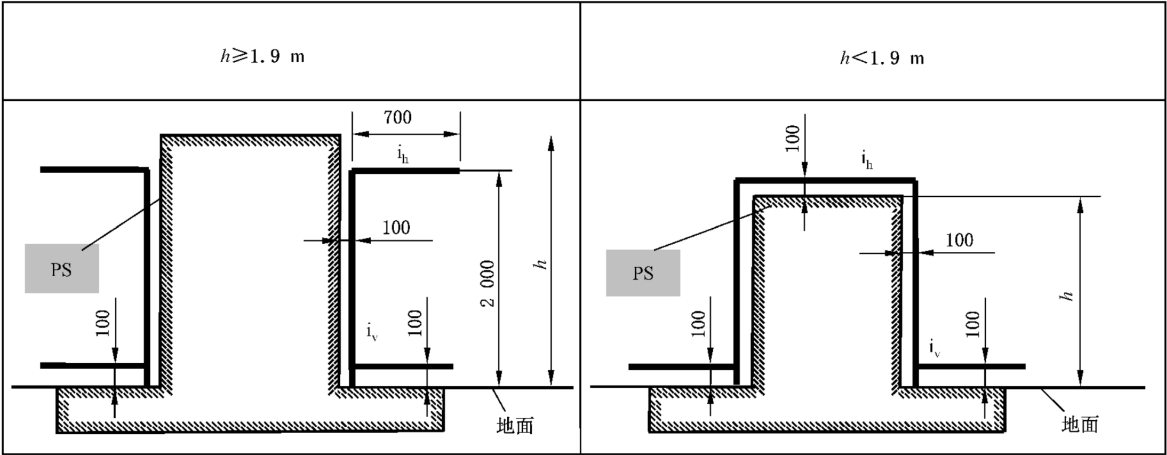
d) 从外部操作的并带有地下压力释放容器的变电站,对处于开门侧前面的操作人员的防护



e) 对处于变电站周围一般公众的防护(门关闭时)

图 E.3 (续)

单位为毫米



f) 带有地下压力释放容器的变电站,对处于周围一般公众的防护(门关闭时)

说明:
PS —— 预装式变电站;
S —— 高压开关设备和控制设备;
 h —— 预装式变电站的高度;
 i_h —— 水平指示器;
 i_v —— 垂直指示器;
PV—— 收集废气的压力释放容器。

图 E.3 (续)

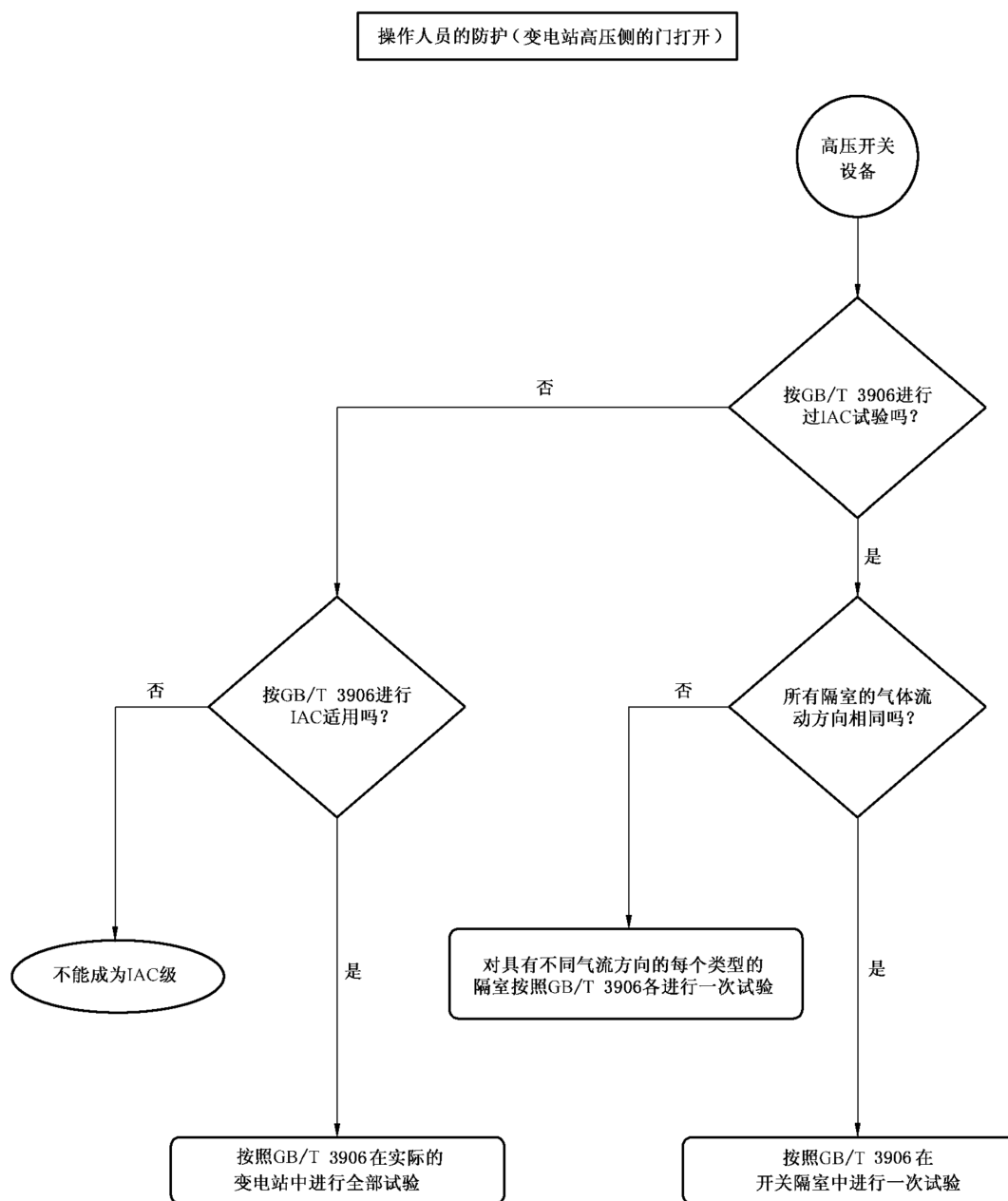


图 E.4 IAC-A 级高压开关设备试验的选择

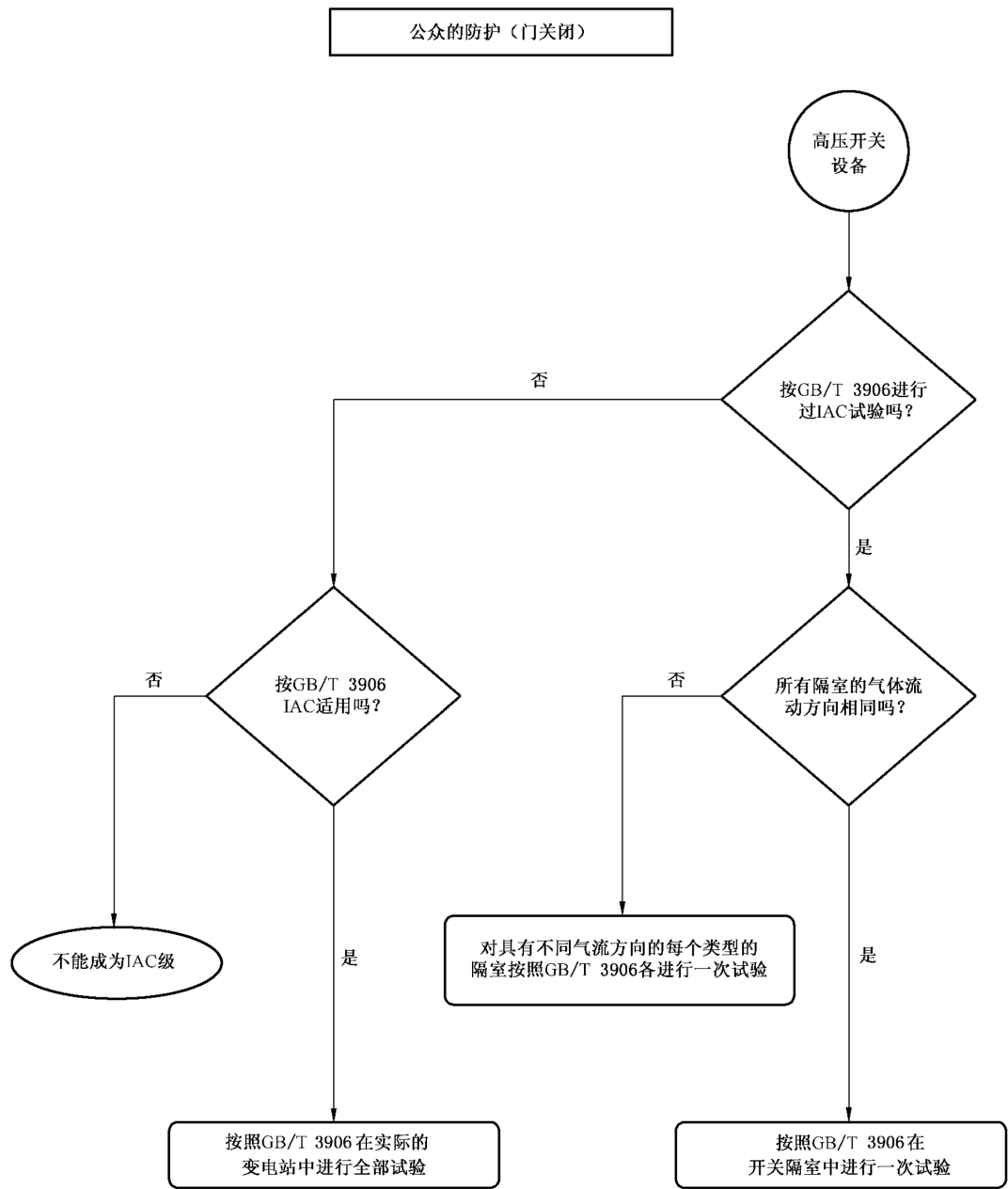
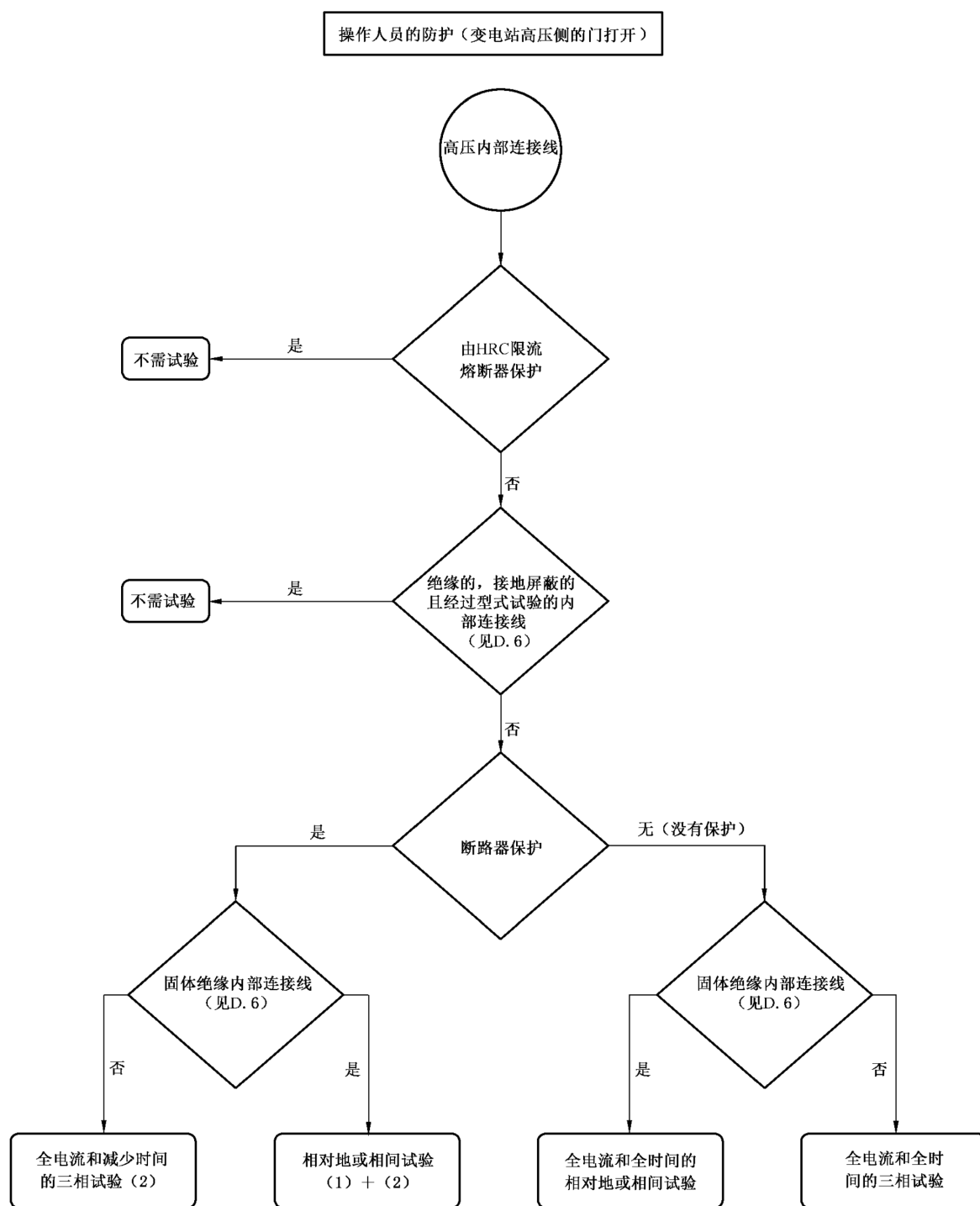


图 E.5 IAC-B 级高压开关设备试验的选择

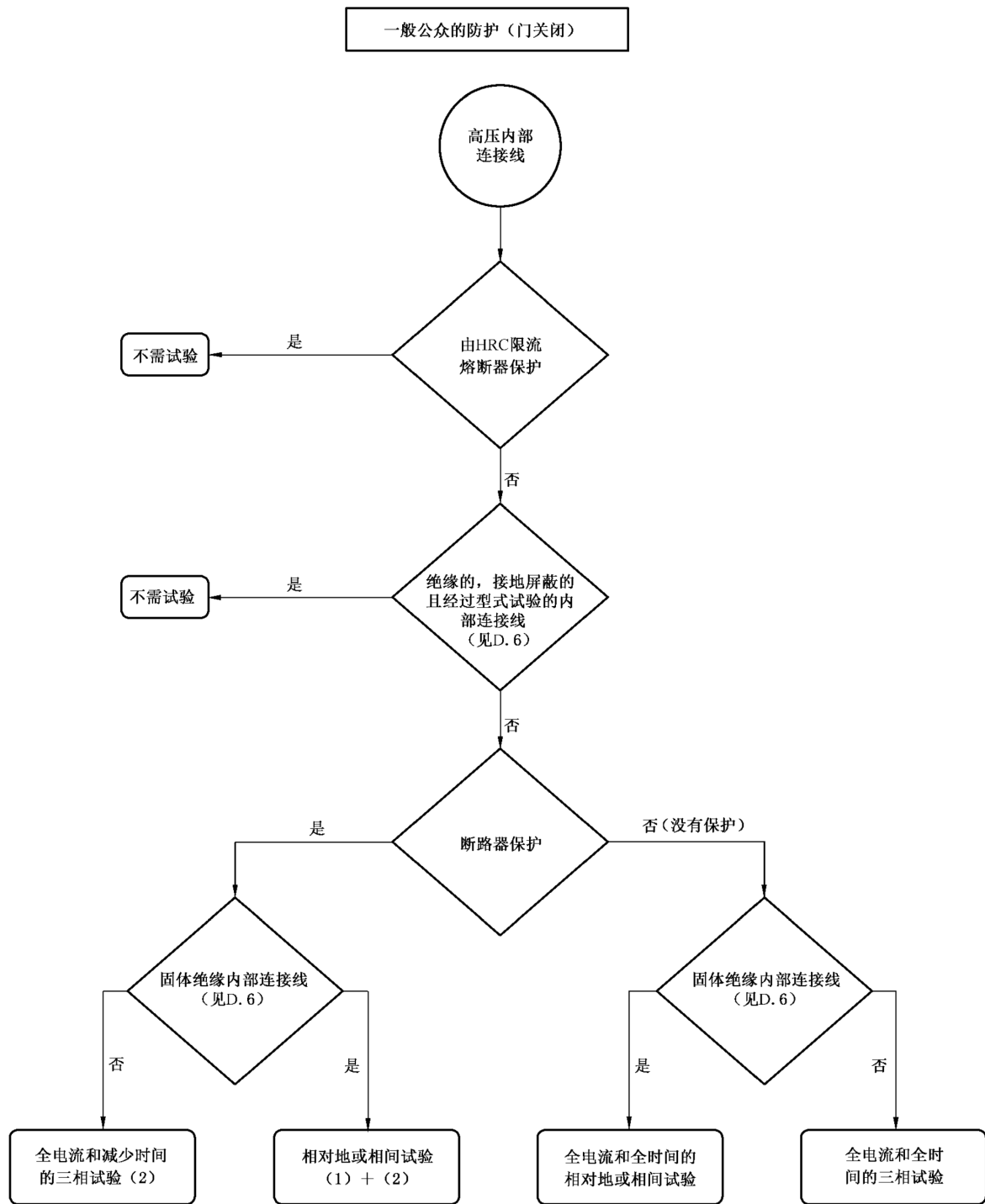


(1) GB/T 3906—2020 的 A.5.2.1 中的准则, 相对地和相间故障的适用性:

- 对于相对地试验, 电流值由制造厂规定;
- 对于相间试验, 电流值应为额定短时耐受电流的 87%。

(2) 考虑到保护的时间整定值, 时间可以由制造厂规定。

图 E.6 IAC-A 级高压连接线试验的选择



- (1) 按照 GB/T 3906—2020 的 A.5.2.1 中的准则，相对地和相间故障的适用性：
- 对于相对地试验，电流值由制造厂规定；
 - 对于相间试验，电流值应为额定短时耐受电流的 87%。
- (2) 考虑到保护的时间整定值，时间可以由制造厂规定。

图 E.7 IAC-B 级高压连接线试验的选择

附 录 F
(资料性附录)
外壳材料的特性

F.1 金属**F.1.1 涂层**

大量的涂层可以使用。表 F.1 列出了推荐的涂层的一些例子。

表 F.1 涂层的处理

| 处理 | 标准 | 基础 | |
|--------|---|----|---|
| | | 钢 | 铝 |
| 热浸镀锌 | GB/T 13825—2008 金属覆盖层 黑色金属材料热镀锌层 单位面积质量称量法 GB/T 13912—2002 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法 | × | |
| 电镀锌涂层 | GB/T 9799—2011 金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层 | × | |
| 化学置换涂层 | GB/T 15519—2002 化学转化膜 钢铁黑色氧化膜 规范和试验方法 JB/T 10581—2006 化学转化膜 铝及铝合金上漂洗和不漂洗铬酸盐转化膜 | × | × |

F.1.2 油漆

表 F.2 列出了用于检验油漆的标准。

表 F.2 油漆的试验

| 试验 | 标准 |
|------|--|
| 黏着性 | GB/T 9286—1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验 |
| 盐雾 | GB/T 10125—2012 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验 |
| 人工老化 | ISO 11997(所有部分) 油漆和清漆 抵抗循环腐蚀条件能力的确定 |
| 磨损 | ISO 7784(所有部分) 油漆和清漆 抗磨损性的确定 |
| 腐蚀 | GB/T 30790—2014(所有部分) 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护 |

F.2 混凝土

腐蚀可能出现在混凝土以及加强混凝土的钢材上。因此,应考虑 6.104.3 中列出的可能影响腐蚀

的主要因素。

混凝土的某些特性的限值,例如,最大的水灰比、最低的混凝土强度、最低的水泥含量以及覆盖于钢加强筋的最少混凝土等应予以考虑。

表 F.3 列出了可以用来试验混凝土性能的一些标准。

表 F.3 混凝土的试验

| 试验 | 标准 |
|------------------|--|
| 混凝土强度 | ISO 1920-4 混凝土试验 第 4 部分:硬化混凝土的强度 |
| 耐受氯化物扩散的试验(去冰盐雾) | ISO/DIS 4846 混凝土 暴露于融冰化学条件下的表面的耐受比例的确定(撤销) |
| 密度/孔隙率 | ISO/DIS 1920-2 混凝土的试验 第 2 部分:预制混凝土的性能 |
| 技术要求、性能、生产和一致性 | EN 206-1 混凝土 第 1 部分:技术要求、性能、生产和一致性 ASTM C94/C 94M 准备混合的混凝土的标准技术要求 |

油漆可能改善抗腐蚀性以及产品特性。

附录 G

(规范性附录)

预装式变电站声级的验证试验

G.1 目的

试验的目的是计算一台给定的单独变压器的空载声级(见 GB/T 1094.10—2003)与装在预装式变电站内的同一台变压器的空载声级的差别。

注 1: 满负载噪声水平可被看作特殊要求。

通过这两个数值的比较来评估预装式变电站外壳的声特性,以获得外壳对变压器声级影响的信息。

注 2: 由于共振现象,外壳可能使变压器的声级提高。

试验数值仅对在额定电压和频率下的被试总装有效。如果所用的预装式变电站装有不同的元件和部件,和/或连接到具有不同电源电压或频率的电网上,外壳的特性可能不同。

G.2 试品

试验用的预装式变电站应装配完整,包括所有的设备和配件。

G.3 试验方法

试验应按 GB/T 1094.10—2003 进行。

GB/T 1094.10—2003 规定了试验方法和沿变压器周围指定轮廓的 A-加权声级的计算方法。

应采用同样的方法来测量预装式变电站的声级,这里外壳是声音发射的边界。除了测量装置的要求外,测量方法应按照 GB/T 1094.10—2003,按照对预装式变电站定义的声级水平,测量装置应安放在离地面 1.5 m 处。

对单独变压器的试验和带外壳时的试验,应在相同的环境条件下进行,以便能够采用单一的环境修正值。

G.4 测量

测量应按 GB/T 1094.10—2003 进行。为了给测量装置定位,应把外壳当作预装式变电站的主辐射面。

G.5 结果的计算和报告

声级应按 GB/T 1094.10—2003 进行计算。

对于两种设备配置,即单独的变压器和装配完整的预装式变电站,试验报告应包括 GB/T 1094.10—2003 中给出的所有适用的资料。

此外,对装配完整的预装式变电站,还应包括以下资料:

- 外壳、门、面板和通风网栅的主要设计特点,包括使用的材料;
- 外壳内各元件的布置尺寸图,门和通风口以及其他可能显著影响声音传播的部件的位置和

尺寸；

- c) 应给出变压器相对于外壳、门、面板和通风口的位置的详细资料。

注：如果在预装式变电站任一侧测得的声级和在另一侧的测量结果显著不同，那么在试验报告中记录所有的数值，以使用户能够在安装预装式变电站时考虑这些差别。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2423(系列) 电工电子产品环境试验
- [2] GB/T 2900.83—2008 电工术语 电的和磁的器件(IEC 60050-151:2001, IDT)
- [3] GB/T 4796—2017 环境条件分类 环境参数及其严酷程度(IEC 60721-1:2002, MOD)
- [4] GB/T 4797.4—2006 电工电子产品 自然环境条件 太阳辐射和温度(IEC 60721-2-4:2002, IDT)
- [5] GB/T 9286—1998 色漆和清漆 漆膜的划格试验 (eqv ISO 2409:1992)
- [6] GB/T 9799—2011 金属及其他无机覆盖层 钢铁上经过处理的锌电镀层(ISO 2081:2008, IDT)
- [7] GB/T 10125—2012 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验(ISO 9227:2006, IDT)
- [8] GB/T 13825—2008 金属覆盖层 黑色金属材料热镀锌层 单位面积质量称量法(ISO 1460:1992, IDT)
- [9] GB/T 13912—2002 金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层 技术要求及试验方法 (eqv ISO 1461:1999)
- [10] GB/T 15519—2002 化学转化膜 钢铁黑色氧化膜 规范和试验方法(ISO 11408:1999, MOD)
- [11] GB/T 15543—2008 电能质量 三相电压不平衡
- [12] GB/T 19964—2012 光伏电站接入电力系统技术规定
- [13] GB/T 22582—2008 电力电容器 低压功率因素补偿装置(IEC 61921:2003, MOD)
- [14] GB/T 28537—2012 高压开关设备和控制设备中六氟化硫(SF₆)的使用和处理(IEC 62271-303:2008, MOD)
- [15] GB/T 29321—2012 光伏电站无功补偿技术规范
- [16] GB/T 30427—2013 并网光伏发电专用逆变器技术要求和试验方法
- [17] GB/T 30790—2014(所有部分) 色漆和清漆 防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护(ISO 12944(所有部分), MOD)
- [18] GB/T 36271.1—2018 交流 1 kV 以上电力设施 第 1 部分:通则(IEC 61936-1:2010, MOD)
- [19] JB/T 10581—2006 化学转化膜 铝及铝合金上漂洗和不漂洗铬酸盐转化膜
- [20] NB/T 32004—2013 光伏发电并网逆变器技术规范
- [21] IEC 60076-3:2013 Power transformers—Part 3: Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
- [22] IEC 60721-2-2:2012 Classification of environmental conditions—Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature—Precipitation and wind
- [23] IEC/TR 62271-300:2006 High-voltage switchgear and controlgear—Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers
- [24] IEC/TR 62655:2013 Tutorial and application guide for high-voltage fuses
- [25] IEC Guide 117:2010 Electrotechnical equipment—Temperatures of touchable hot surfaces
- [26] ISO/DIS 1920-2 Testing of concrete—Part 2: Properties of fresh concrete
- [27] ISO 1920-4 Testing of concrete—Part 4: Strength of hardened concrete
- [28] ISO/DIS 4846 Concrete—Determination of scaling resistance of surfaces exposed to de-

icing chemicals

- [29] ISO 7784 (all parts), Paints and varnishes—Determination of resistance to abrasion
 - [30] ISO 11997 (all parts), Paints and varnishes—Determination of resistance to cyclic corrosion conditions
 - [31] ISO 13732-1:2006 Ergonomics of the thermal environment—Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces—Part 1: Hot surfaces
 - [32] EN 206-1 Concrete—Part 1: Specification, performance, production and conformity
 - [33] ASTM C94/C 94M Standard specification for ready-mixed concrete
-



GB/T 17467-2020

版权专有 侵权必究

*

书号:155066 • 1-64622