

中华人民共和国国家标准

GB/T 7674—2020
代替 GB/T 7674—2008

额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属 封闭开关设备

Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72.5 kV and above

(IEC 62271-203:2011, High-voltage switchgear and controlgear—
Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages
above 52 kV, MOD)

2020-11-19 发布

2021-06-01 实施



国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	V
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	4
5 额定值	5
5.1 概述	5
5.2 额定电压(U_r)	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)	8
5.7 额定峰值耐受电流(I_p)	8
5.8 额定短路持续时间(t_k)	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
6 设计与结构	8
6.1 概述	8
6.2 开关设备和控制设备中液体的要求	8
6.3 开关设备和控制设备中气体的要求	8
6.4 开关设备和控制设备的接地	9
6.5 辅助和控制设备	9
6.6 动力操作	9
6.7 储能操作	9
6.8 不依赖人力或动力的操作(非扣锁的操作)	9
6.9 脱扣器操作	9
6.10 低压力和高压力闭锁和监控装置	9
6.11 铭牌	10
6.12 联锁装置	10
6.13 位置指示	10
6.14 外壳的防护等级	10
6.15 爬电距离	10

6.16	气体和真空的密封性	10
6.17	液体的密封性	11
6.18	易燃性	11
6.19	电磁兼容性(EMC)	11
6.20	X射线的辐射	11
6.21	腐蚀	11
6.101	压力配合	12
6.102	内部故障	12
6.103	外壳	13
6.104	隔板	14
6.105	压力释放	16
6.106	噪声	16
6.107	界面	16
6.108	伸缩节	17
6.109	观察窗	17
7	型式试验	18
7.1	总则	18
7.2	绝缘试验	19
7.3	无线电干扰电压(r.i.v.)试验	22
7.4	回路电阻测量	22
7.5	温升试验	22
7.6	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	23
7.7	防护的验证	24
7.8	气体密封性试验和气体状态测量	24
7.9	电磁兼容性试验(EMC)	24
7.10	辅助和控制回路的附加试验	24
7.11	真空灭弧室的X射线试验程序	24
7.101	关合和开断能力的验证	25
7.102	机械和环境试验	25
7.103	外壳的验证试验	25
7.104	隔板的压力试验	26
7.105	内部故障电弧条件下的试验	27
7.106	绝缘子试验	27
7.107	接地连接的腐蚀性试验	27
7.108	外壳的腐蚀试验	28
8	出厂试验	28
8.1	概述	28
8.2	主回路的绝缘试验	28
8.3	辅助和控制回路的试验	29
8.4	主回路电阻的测量	29
8.5	密封性试验	29
8.6	设计和外观检查	29

8.101	外壳的压力试验	29
8.102	机械操作试验	29
8.103	控制机构中辅助回路、设备和联锁的试验	30
8.104	隔板的压力试验	30
9	开关设备和控制设备选用导则	30
9.1	概述	30
9.2	额定值的选择	30
9.3	运行条件改变引起的持续或瞬态过载	30
10	随询问单、标书和订单提供的资料	30
10.1	概述	30
10.2	询问单和订单的资料	30
10.3	标书的资料	30
11	运输、储存、安装、运行和维护	31
11.1	概述	31
11.2	运输、储存和安装的条件	31
11.3	安装	31
11.4	运行	35
11.5	维护	35
12	安全性	35
13	产品对环境的影响	35
附录 A (资料性附录)	本标准与 IEC 62271-203:2011 相比的结构变化情况	36
附录 B (资料性附录)	询问单、标书和订单需给出的资料	44
附录 C (资料性附录)	运行连续性	50
附录 D (资料性附录)	内部故障相关的计算	58
附录 E (规范性附录)	范围 II 三极封闭的 GIS 的绝缘试验的试验程序	59
附录 F (规范性附录)	内部故障电弧条件下气体绝缘金属封闭开关设备的试验方法	60
附录 G (规范性附录)	有关现场试验技术和实际要考虑的事项	63
参考文献		67

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 7674—2008《额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备》，与 GB/T 7674—2008 相比，主要技术性变化如下：

- 根据我国的环境使用条件，修改了表 101 的相关内容（见 4.3，2008 年版的 2.2）；
- 修改了表 102 中 126 kV 及 252 kV 的断口间试验电压（见 5.3，2008 年版的 4.2）；
- 增加了伸缩节及相关技术要求（见 6.108）；
- 增加了观察窗及相关技术要求（见 6.109）；
- 修改了第 10 章安装中的气体质量验证内容（见 11.3.101.7，2008 年版的 10.2.101.6）；
- 增加了附录 C 运行连续性的内容；
- 修改了附录 F 内部故障电弧条件下的试验方法中直流分量的内容（见 F.2.2.3，2008 年版的 B.2.2.2）。

本标准使用重新起草法修改采用 IEC 62271-203:2011《高压开关设备和控制设备 第 203 部分：额定电压 52 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备》。

本标准与 IEC 62271-203:2011 相比在结构上有较多调整，附录 A 中列出了本标准与 IEC 62271-203:2011 的章条编号对照一览表。

本标准与 IEC 62271-203:2011 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：
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 2423.17—2008 代替了 IEC 60068-2-11；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 1985—2014 代替了 IEC 62271-102:2001；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 4109—2008 代替了 IEC 60137:2008；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 7354 代替了 IEC 60270；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 8905 代替了 IEC 60480；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 11017.1 代替了 IEC 60840；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 22078.1 代替了 IEC 62067；
 - 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 22381—2017 代替了 IEC 62271-209:2007；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 28537 代替了 IEC 62271-303；
 - 增加引用了 GB/T 3785（所有部分）、GB/T 9326（所有部分）、GB/T 9789、GB/T 11023、GB/T 12022、GB/T 13540、GB/T 16927.1、GB/T 21429、GB/T 22382—2017、GB/T 23752、GB/T 26218（所有部分）、GB/T 28819；
 - 删除了 IEC 60044-1:1996、IEC 60044-2:1997、IEC 60141-1、IEC 60376、IEC/TR 61639:1996、IEC 62271-100:2008、ISO 3231；
- 删除了正文中未引用的术语和定义，并对“破坏性放电”进行了重新描述（见第 3 章，3.17）；
- 根据我国电网的实际情况，删除了国际标准中额定频率 60 Hz 的有关内容；根据我国中高压的划分习惯，适用的额定电压由“52 kV 以上”改为“72.5 kV 及以上”（见第 1 章）；
- 增加了户内和户外正常使用条件的下限值（见 4.3）；
- 额定电压，删除了与我国电网无关的额定电压数值，按照 GB/T 11022—2011 中规定的电压给

- 出;并根据我国电网的实际情况,增加了额定电压为 800 kV 和 1 100 kV 的相关参数(见 5.2);
- 将不依赖人力或动力的操作修改为 GB/T 11022—2011 的 5.7 不适用(见 6.8);
- 增加了对设备防腐蚀的相关技术要求(见 6.21);
- 修改了 7.6.101 的判据,与 GB/T 11022—2011 一致(见 7.6.101);
- 增加了对破坏性压力试验的上升速度限值(见 6.103.2);
- 增加了伸缩节及相关技术要求(见 6.108);
- 增加了观察窗及相关技术要求(见 6.109);
- 增加了每隔八年的验证性试验要求及气体的使用和处理要求(见 7.1.1);
- 删除了主回路短时和峰值耐受电流试验中对于电压互感器上短连接线的说明(见 7.6.101);
- 增加了对于开关装置行程——时间特性测量的相关要求(见 7.102.3);
- 增加了出厂密封性试验的相关要求(见 8.5);
- 根据我国实际情况,修改了表 7 中现场试验电压的规定值(见 11.3.101.2.4);
- 将国际标准资料性附录 C“有关现场试验技术的和实际要考虑的事项”调整为规范性附录 G。

本标准做了下列编辑性修改:

- 为与我国技术标准体系一致,将本标准名称修改为《额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备》;
- 按照 GB/T 1.1—2009 要求,规范了“范围”的编写;
- 术语和定义的来源,用等同采用国际标准的 GB/T 2900.8—2009 代替了 IEC 60050-471:2007;用修改采用国际标准的 GB/T 2900.20—2016 代替了 IEC 60050(441):1984;
- 增加了对“隔板”的注释(见 3.8);
- 增加了湿试验仅在合闸位置进行的说明(见 7.2.3);
- 增加了已进行过型式试验的盆式绝缘子可不重复试验的说明(见 7.106.1);
- 删除了国际标准中附录 G 和附录 H 两个资料性附录。

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、中国电力科学研究院有限公司、国网陕西省电力公司电力科学研究院、上海西电高压开关有限公司、西安西电开关电气有限公司、新东北电气集团高压开关有限公司、平高集团有限公司、广东电网有限责任公司东莞供电局、辽宁高压电器产品质量检测有限公司、厦门华电开关有限公司、ABB(中国)有限公司、厦门 ABB 高压开关有限公司、西安西电高压开关有限责任公司、川开电气有限公司、山东泰开高压开关有限公司、北京北开电气股份有限公司、特变电工中发上海高压开关有限公司、特变电工沈阳电气技术研究院有限公司、浙江八达电子仪表有限公司、时通电气分公司、上海思源高压开关有限公司、益和电气集团股份有限公司、云南云开电气股份有限公司、华仪电气股份有限公司、浙江开关厂有限公司、河南森源电气股份有限公司、海宁开关厂有限公司、日升集团有限公司。

本标准主要起草人:张晋波、吴鸿雁、田恩文、张子骁、元复兴、张文兵、崔博源、杨韧、侯平印、赵伯楠、赵羲英、冯武俊、张实、邢娜、李刚、李强、郝宇亮、谢瑞涛、游一民、王传川、阎关星、周华、王向克、吴文海、张勐、孟迪、杨英杰、吴经锋、菅永峰、丁彬、杨博、张伟平、李智博、李振军、李建华、南振乐、路全峰、刘罗鹏、李宝宝、杨伟卫、马力、尹弘彦、张文波、孙荣春、王福安、张姝、石鹏斌、叶树新、龚绍成、汪建成、孔祥冲、田晓越、潘世岩、苏伟民、陈伯荣、周庆清、袁志兵、张朋举、吕正华、刘洋、樊建荣、林爱民、欧林龙。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB 7674—1987、GB 7674—1997、GB/T 7674—2008。

额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属 封闭开关设备

1 范围

本标准规定了气体绝缘金属封闭开关设备的术语和定义、正常和特殊使用条件、额定值、设计与结构、型式试验、出厂试验及选用导则等的相关要求。

本标准适用于额定电压 72.5 kV 及以上、额定频率 50 Hz 的户内和户外安装的气体绝缘金属封闭开关设备(以下简称“GIS”或“开关设备”),其绝缘的获得至少部分通过绝缘气体而不是处于大气压力下的空气。

本标准涵盖的气体绝缘金属封闭开关设备由可直接连接在一起的独立元件构成,且这些元件只能按这种方式运行。

根据需要,本标准对适用于构成 GIS 的各个独立元件的相关标准进行了完善和补充。

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 1985—2014 高压交流隔离开关和接地开关(IEC 62271-102:2001+A1:2011,MOD)

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 Ka:盐雾(IEC 60068-2-11:1981,IDT)

GB/T 3785.1 电声学 声级计 第 1 部分:规范(GB/T 3785.1—2010,IEC 61672-1:2002,IDT)

GB/T 3785.2 电声学 声级计 第 2 部分:型式评价试验(GB/T 3785.2—2010,IEC 61672-2:2003,IDT)

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

GB/T 7354 高电压试验技术 局部放电测量(GB/T 7354—2018,IEC 60270:2000,MOD)

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

GB/T 9326(所有部分) 交流 500 kV 及以下纸或聚丙烯复合纸绝缘金属套充油电缆及附件 [IEC 60141(所有部分)]

GB/T 9789 金属和其他无机覆盖层 通常凝露条件下的二氧化硫腐蚀试验(GB/T 9789—2008,ISO 6988:1985,IDT)

GB/T 11017.1 额定电压 110 kV($U_m=126$ kV)交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 第 1 部分:试验方法和要求(GB/T 11017.1—2014,IEC 60840:2011,MOD)

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 11023 高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法

GB/T 12022 工业六氟化硫

GB/T 13540 高压开关设备和控制设备的抗震要求(GB/T 13540—2009,IEC 62271-2:2003,MOD)

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分:一般定义及试验要求(GB/T 16927.1—2011,

IEC 60060-1:2010,MOD)

GB/T 21429 户外和户内电气设备用空心复合绝缘子定义、试验方法、接收准则和设计推荐 (GB/T 21429—2008,IEC 61462:1998,MOD)

GB/T 22078.1 额定电压 500 kV($U_m=550$ kV)交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 第 1 部分:额定电压 500 kV($U_m=550$ kV)交联聚乙烯绝缘电力电缆及其附件 试验方法和要求 (GB/T 22078.1—2008,IEC 62067:2006,MOD)

GB/T 22381—2017 额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备与充流体及挤包绝缘电力电缆的连接 充流体及干式电缆终端 (IEC 62271-209:2007,MOD)

GB/T 22382—2017 额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备与电力变压器之间的直接连接 (IEC 62271-211:2014,MOD)

GB/T 23752 额定电压高于 1 000 V 的电器设备用承压和非承压空心瓷和玻璃绝缘子 (GB/T 23752—2009,IEC 62155:2003,MOD)

GB/T 26218.1—2010 污秽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 26218.2—2010 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 2 部分:交流系统用瓷和玻璃绝缘子 (IEC/TS 60815-2:2008,MOD)

GB/T 26218.3—2011 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 3 部分:交流系统用复合绝缘子 (IEC/TS 60815-3:2008,MOD)

GB/T 28537 高压开关设备和控制设备中六氟化硫(SF_6)的使用和处理 (GB/T 28537—2012,IEC 62271-303:2008,MOD)

GB/T 28819 充气高压开关设备用铝合金外壳

3 术语和定义

GB/T 11022—2011 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属封闭开关设备和控制设备 metal-enclosed switchgear and controlgear

除进出线外,其余完全被接地金属外壳封闭的开关设备和控制设备。

[GB/T 2900.20—2016,定义 4.4]

3.2

气体绝缘金属封闭开关设备 gas-insulated metal-enclosed switchgear

至少部分采用高于大气压的气体作为绝缘介质的金属封闭开关设备和控制设备。

[GB/T 2900.20—2016,定义 4.5]

注 1: 本术语通常适用于高压开关设备和控制设备。

注 2: 三极封闭气体绝缘开关设备适用于三极封闭在一个公共外壳内的开关设备。

注 3: 单极封闭气体绝缘开关设备适用于每极封闭在一个独立外壳内的开关设备。

3.3

气体绝缘开关设备的外壳 gas-insulated switchgear enclosure

气体绝缘金属封闭开关设备的部件,它保持处于规定条件下的绝缘气体以安全地维持要求的绝缘水平,保护设备免受外部影响并对人员提供安全防护。

注 1: 外壳可是三极或单极的。

注 2: 以下简称“外壳”。

3.4

可移开的连接 removable link

导体的部件,为了把 GIS 的两部分相互隔离并可容易地移开。

3.5

隔室 compartment

气体绝缘金属封闭开关设备的一部分,除了相互连接和控制需要打开外全部封闭。

注:隔室可根据其内部的主要元件命名,例如:断路器隔室、母线隔室。

3.6

元件 component

气体绝缘金属封闭开关设备中实现特定功能的主要部件。

注:例如:断路器、隔离开关、接地开关、负荷开关、互感器、套管、母线、避雷器等。

3.7

支持绝缘子 support insulator

支撑一极或多极导体的内部绝缘子。

3.8

隔板 partition

把一个隔室和其他隔室分开的支持绝缘子。

注:通常为两侧承压的盆式绝缘子。

3.9

套管 bushing

在外壳端头处可承载一极或多极导体并与其绝缘的结构件,包括连接方式。

注1:与绝缘件的连接方式(例如,法兰或固定装置)是套管的一部分。GIS 中常用的套管形式有:气体-空气套管、油-气体套管、电缆终端。

注2:改写 GB/T 2900.8—2009,定义 471-02-01。

3.10

主回路 main circuit

用于输送电能的回路中所包含的气体绝缘金属封闭开关设备的所有导电部件。

注:改写 GB/T 2900.20—2016,定义 5.2。

3.11

辅助回路 auxiliary circuit

气体绝缘金属封闭开关设备中用于控制、测量、信号和调节的回路(不同于主回路)的所有导电部件。

注:包括开关装置的控制和辅助回路。

3.12

外壳的设计温度 design temperature of enclosures

在规定的最严酷使用条件下外壳所能达到的最高温度。

3.13

外壳的设计压力 design pressure of enclosures

用于确定外壳设计的相对压力。

注1:它至少等于在规定的最严酷使用条件下绝缘气体所能达到的最高温度时外壳内部的最高压力。

注2:确定设计压力时不考虑开断操作(例如,断路器)过程中或随后出现的瞬态压力。

3.14

隔板的设计压力 design pressure of partitions

隔板两边的相对压力。

注 1: 它至少等于维修活动中隔板两侧的最大相对压力。

注 2: 确定设计压力时不考虑开断操作(例如,断路器)过程中或随后出现的瞬态压力。

3.15

压力释放装置的动作压力 operating pressure of pressure relief device

为压力释放装置所选择的释放压力的相对压力值。

3.16

破裂 fragmentation

由于压力升高导致外壳损坏并伴有固体材料抛出。

注: “外壳没有破裂”按如下解释:

——隔室没有爆破;

——没有固体部件从隔室中飞出。

例外情况有:

——压力释放装置的部件,如果它们是按规定方向射出的;

——外壳烧穿时产生的灼热粒子和熔化材料。

3.17

破坏性放电 disruptive discharge

在电压作用下与绝缘失效有关的现象。

注 1: 此时,受试绝缘完全被放电所桥接,使电极间的电压降低到零或接近于零。

注 2: 本术语适用于固体、液体和气体介质以及它们的组合体中的放电。

注 3: 固体介质中的破坏性放电导致绝缘强度永久性丧失(非自恢复绝缘);而在液体或气体介质中,绝缘强度的丧失可能仅是暂时的(自恢复绝缘)。

3.18

运输单元 transport unit

无须拆卸即可装运的气体绝缘金属封闭开关设备的部件。

4 正常和特殊使用条件

4.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 2 章适用,并做如下补充:

在任何海拔处内绝缘的介电特性和海平面处相同。因此,对于内绝缘,关于海拔没有特别的要求。

GIS 的某些部件如压力释放装置和压力及密度监测装置可能会受到海拔的影响。如果需要,制造厂应采取适当的措施。

4.2 正常使用条件

见表 1。

4.3 特殊使用条件

GB/T 11022—2011 的 2.3 适用,并做如下补充:

具体条件见表 1。在表中使用大于号(>)的场合,具体数值应由用户按照 GB/T 11022—2011 的规定来确定。

表 1 GIS 使用条件的参照表

项目		正常		特殊	
		户内	户外	户内	户外
周围空气温度	最低 ℃	15、-15 或 -25	-10、-25、-30、 -35、-40	-25	-50
	最高 ℃	+40	+40	+50	+50
阳光辐射 W/m²		不适用	1 000	不适用	>1 000
海拔 m		1 000	1 000	>1 000	>1 000
污秽等级 ^a		不适用	c	c、d 或 e	d 或 e
覆冰 mm		不适用	10 或 20	不适用	>20
风速 m/s		不适用	34	不适用	>34
湿度(日平均值)(户外的条件按 GB/T 11022—2011 考虑) %		95	100	98	100
凝露或凝结		偶尔	存在	存在	存在
震动等级		GB/T 13540 中的 AG2 及以下		GB/T 13540 中的 AG2 以上	
注：用户的技术规范可采用上述正常和特殊使用条件的任意组合。					
^a 污秽等级 c、d 和 e 符合 GB/T 26218.1—2010 中 8.3 的规定。					

5 额定值

5.1 概述

GIS 的额定值由下述参数组成：

- a) 额定电压(U_r)；
- b) 额定绝缘水平；
- c) 额定频率(f_r)；
- d) 额定电流(I_r)；
- e) 额定短时耐受电流(I_k)(主回路和接地回路的)；
- f) 额定峰值耐受电流(I_p)(主回路和接地回路的)；
- g) 额定短路持续时间(t_k)(主回路和接地回路的)；
- h) 构成气体绝缘金属封闭开关设备一部分的元件,包括它们的操动机构和辅助设备的额定值；
- i) 绝缘和/或开合用的额定充入水平。

5.2 额定电压(U_r)

GB/T 11022—2011 的 4.2 适用,并做如下补充:

注:构成 GIS 的元件可按照各自的标准具有独立的额定电压值。

5.3 额定绝缘水平

GB/T 11022—2011 的 4.3、表 1 及表 2 适用,并做如下补充:

对于 GIS,表 2 和表 3 是优选值。

GIS 包含的元件可能具有限定的绝缘水平。尽管通过选择适当的绝缘水平可大幅避免内部故障,但是,还应考虑采取限制外部过电压的措施(例如,避雷器)。

注 1:根据 CIGRE 的研究,标准的试验耐受电压之间的特征比值,对于 SF₆ 气体绝缘, $U_d/U_p=0.45$, $U_s/U_p=0.75$ 。

表 3 中给出的 U_d 值就是根据该系数计算的。

注 2:关于套管的外露部件(如果有),参见 GB/T 4109—2008。

注 3:波形为标准的雷电冲击电压和操作冲击电压波形,设备耐受其他类型冲击的能力的研究结果尚未确定。

注 4:对于特定额定电压的设备,选择替代的绝缘水平时宜基于绝缘配合研究,并考虑到由于开合引起的瞬态过电压。

表 2 额定电压范围 I 的优先选用额定绝缘水平

额定电压 U_r kV(有效值)	额定短时工频耐受电压 U_d kV(有效值)		额定雷电冲击耐受电压 U_p kV(峰值)	
	极对地、开关装置 断口间及极间	隔离断口间	极对地、开关装置 断口间及极间	隔离断口间
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
72.5	140	140(+42)	325	325(+60)
	160	160(+42)	380	350(+60)
126	230	185(+73)	550	630
		230(+73)		550(+103)
252	460	570	1050	1 200
		460(+146)		1 050(+206)

注: 列(2)中的值适用于:

——对于型式试验,极对地和极间;

——对于出厂试验,极对地、极间和开关装置断口间。

列(3)、列(4)和列(5)中的值仅适用于型式试验。

表 3 额定电压范围Ⅱ的优先选用额定绝缘水平

额定电压 U_r kV(有效值)	额定短时工频耐受电压 U_d kV(有效值)		额定操作冲击耐受电压 U_s kV(峰值)			额定雷电冲击耐受电压 U_p kV(峰值)	
	极对地 和极间 (注 3)	开关装置断口 间和/或隔离断 口间(注 3)	极对地和 开关装置 断口间	极间 (注 3 和 注 4)	隔离断口间 (注 1、注 2 和注 3)	极对地 和极间	开关装置断口 间和/或隔离断 口间(注 3)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
363	520	510(+210)	950	1 425	800(+295)	1 175	1 175(+205)
550	710	680(+318)	1 175	1 760	1 050(+450)	1 550	1 550(+315)
800	960	900(+462)	1 425	2 420	1 300(+650)	2 100	2 100(+455)
		960(+462)	1 550		1 425(+650)		
1 100	1 100	1 100(+635)	1 800	2 700	1 675(+900)	2 400	2 400(+630)
							2 400(+900)

注 1: 列(6)的值也适用于某些断路器,参见 GB/T 1984。

注 2: 列(6)中括号内的数值是施加在对侧端子上工频电压的峰值 $U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$ (联合电压)。列(8)中括号内的数值是施加在对侧端子上工频电压的峰值 $0.7U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$ (联合电压);对于额定电压 1 100 kV,该栏采用了 $U_r\sqrt{2}/\sqrt{3}$ 。

注 3: 列(2)中的值适用于:

——对于型式试验,极对地和极间;

——对于出厂试验,极对地、极间和开关装置断口间。

列(3)、列(4)、列(5)、列(6)、列(7)和列(8)中的值仅适用于型式试验。

注 4: 这些数值是由 GB/T 311.1—2012 的表 3 中规定的。

5.4 额定频率(f_r)

GB/T 11022—2011 的 4.4 适用。

5.5 额定电流和温升

5.5.1 额定电流(I_r)

GB/T 11022—2011 的 4.5.1 适用,并做如下补充:

GIS 的某些主回路(例如,母线、馈电回路等)可能具有不同的额定电流值。但是,这些值也应从 R10 系列中选取。

5.5.2 温升

GB/T 11022—2011 的 4.5.2 适用,并做如下补充:

GIS 中元件的温升没有被 GB/T 11022—2011 所涵盖时,不应超过相应元件标准中的温升限值。

注: 如果操作人员不可触及的外壳部分的温升等于或高于 65 K,有必要采取措施来保证不会引起周围绝缘材料的损坏。

5.6 额定短时耐受电流(I_k)

GB/T 11022—2011 的 4.6 适用。

5.7 额定峰值耐受电流(I_p)

GB/T 11022—2011 的 4.7 适用,并做如下补充:

注:原则上,主回路的额定短时耐受电流和额定峰值耐受电流不超过其串联的元件中的最薄弱元件相应的额定值。

5.8 额定短路持续时间(t_k)

GB/T 11022—2011 的 4.8 适用。

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)

GB/T 11022—2011 的 4.9 适用。

5.10 合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率

GB/T 11022—2011 的 4.10 适用。

5.11 可控压力系统用压缩气源的额定压力

GB/T 11022—2011 的 4.11 不适用。

5.12 绝缘和/或开合用的额定充入水平

GB/T 11022—2011 的 4.12 适用。

6 设计与结构

6.1 概述

GIS 应设计成能安全地正常运行、检查和维护,连接电缆的接地、电缆故障的定位、连接电缆或其他电器的电压试验以及危险静电电荷的消除,包括安装和扩展后相序的检查。

设备的设计应使得协议允许的基础移动以及机械和热的效应不会损害设备规定的性能。

可能需要更换的具有相同额定值和结构的所有元件应具有互换性。

除非本标准另有规定,外壳内包含的各种元件应满足各自的标准。

6.2 开关设备和控制设备中液体的要求

GB/T 11022—2011 的 5.1 不适用。

6.3 开关设备和控制设备中气体的要求

GB/T 11022—2011 的 5.2 适用,并做如下补充:

制造厂应提供露点测量以及适当的修正的建议。参见附录 B 中 B.4。

对于 GIS,可使用符合 GB/T 12022 的新的 SF_6 和符合 GB/T 8905 的使用过的 SF_6 。

注 1:运行中 SF_6 的检查参考 GB/T 8905。

注 2: SF_6 的处理参考 GB/T 28537。

注 3:使用过的 SF_6 的数值正在考虑中。

6.4 开关设备和控制设备的接地

6.4.1 概述

GB/T 11022—2011 的 5.3 适用,并做如下补充。

6.4.101 主回路的接地

为了保证维护工作的安全性,需要触及或可能触及的主回路的所有部件应可靠接地。

可通过下述方法实施接地:

- a) 如果连接的回路有带电的可能性,应采用关合能力等于额定峰值耐受电流的接地开关;
- b) 如果能确定连接的回路不带电,可采用没有关合能力或关合能力小于额定峰值耐受电流的接地开关。

此外,外壳打开后,在对回路元件维修期间,除事先通过接地开关接地之外,应尽可能与可移开的接地装置连接。

承受额定短路电流之后,接地回路可能劣化。在这种情况下,接地回路可能需要更换。

6.4.102 外壳的接地

外壳应和地连接。所有不属于主回路和辅助回路的金属部件都应接地。对于外壳、框架等的相互连接,允许采用螺栓或焊接紧固的方式来保证电气连续性。

考虑到它们需要承载的电流引起的热的和电气负荷,应保证接地回路的电气连续性。

如果采用单极封闭的开关设备,由于感应电流的存在,应装设一个闭环回路,即三极外壳之间的相互连接。每一个闭环回路应尽可能直接通过能承载短路电流的导体与总的接地网相连。

注: 闭环回路用来避免外壳中的感应电流流入接地回路和接地网。它们通常根据额定电流选择尺寸并根据 GIS 安装的布局设在合适的位置。

6.5 辅助和控制设备

GB/T 11022—2011 的 5.4 适用。

6.6 动力操作

GB/T 11022—2011 的 5.5 适用。

6.7 储能操作

GB/T 11022—2011 的 5.6 适用。

6.8 不依赖人力或动力的操作(非扣锁的操作)

GB/T 11022—2011 的 5.7 不适用。

6.9 脱扣器操作

GB/T 11022—2011 的 5.8 适用。

6.10 低压力和高压力闭锁和监控装置

GB/T 11022—2011 的 5.9 适用,并做如下补充:

对于 GIS,气体密度是至关重要的。

应连续监测每个隔室的气体密度或考虑了温度补偿后的气体压力。监控装置应对压力或密度至少

提供报警和最低功能的监控。

注 1: 如果相邻隔室间的额定充入密度不同,可采用额外的过压力或密度报警指示装置。

注 2: 宜考虑到监控装置的偏差,以及监控装置和受监控的气体之间因温度(例如,建筑物的内部/外部)可能存在的差异。对于气体监控装置,可进行不拆卸检查。

注 3: 气体监控装置的检查可能引发错误的报警,继而可能引发或阻止开关设备的动作。

注 4: 气体监控装置宜尽量靠近被监测的充气隔室,以保证测量精度和最小泄漏,然而在选择位置时宜考虑安全性和可触及性。

6.11 铭牌

GB/T 11022—2011 的 5.10 适用,并做如下补充:

应提供公共的铭牌来识别 GIS。它至少应详述第 4 章中列出的额定值。公共的铭牌应从就地操作的位置上清晰易读。

如果制造厂和用户达成协议,GIS 及其所有的操动装置以及主要元件均应装有铭牌。

如果 GIS 的公共信息已在一个铭牌上标明,元件独立的铭牌可简化。

制造厂应在可见位置的铭牌或标签上给出有关 GIS 整体设施中包含的 SF₆ 气体总量方面的信息。如果需要,应在使用手册中给出更多关于 SF₆ 气体总量的信息。

6.12 联锁装置

GB/T 11022—2011 的 5.11 适用,并做如下补充:

对于用作隔离断口和接地的主回路元件,下述规定是强制的:

——在维护期间用于保证隔离断口的主回路中的电器,应提供可见的锁定装置以防止合闸(例如挂锁);

——在维护期间接地开关应提供联锁装置以避免分闸。

接地开关应和相应的隔离开关联锁。

短路关合能力小于额定峰值耐受电流或者开断能力小于额定电流的负荷开关,以及隔离开关,均应与相应的断路器联锁,以防止相应的断路器未分闸的情况下负荷开关或隔离开关的分闸或合闸。但是,在多母线的变电站,应能进行带载母线的转换操作。

6.13 位置指示

GB/T 11022—2011 的 5.12 适用,并做如下补充:

GB/T 1985—2014 的 5.104.3.2 适用。

6.14 外壳的防护等级

GB/T 11022—2011 的 5.13 适用。

6.15 爬电距离

见 GB/T 26218.1—2010、GB/T 26218.2—2010 和 GB/T 26218.3—2011。

6.16 气体和真空的密封性

6.16.1 概述

GB/T 11022—2011 的 5.15 适用,并做如下补充:

GIS 应为封闭压力系统或者密封压力系统。

泄漏损耗和处理损耗应分开考虑。

注 1: 这是为了使得总的损耗(泄漏和处理)尽可能低。宜达到在最短运行寿命为 25 年期间所有气体隔室的损耗平均值小于 15%。

注 2: 宜仔细研究运行中异常泄漏的原因并采取纠正行为。

6.16.2 气体的可控压力系统

GB/T 11022—2011 的 5.15.2 不适用。

6.16.3 气体的封闭压力系统

GB/T 11022—2011 的 5.15.3 适用,并做如下补充:

在设备的运行寿命期间,从 GIS 任何单独隔室到大气的泄漏率以及隔室之间的泄漏率不应超过每年 0.5%。

6.16.4 密封压力系统

GB/T 11022—2011 的 5.15.4 适用。

6.16.101 泄漏

根据 GB/T 11022—2011 的附录 A 中确定的标准化程序,制造厂应证明从 GIS 的任何隔室以及隔室间的泄漏率符合 6.16.2 或 6.16.3。

6.16.102 气体处理

GIS 的设计应满足在运行寿命期间气体处理的损耗最小化。制造厂应规定使气体处理损耗最小化的试验和维护程序并标明每一个程序相关的气体损耗。

制造厂应根据 GB/T 8905 和 GB/T 28537 推荐 SF₆ 处理的程序。

6.17 液体的密封性

GB/T 11022—2011 的 5.16 不适用。

6.18 易燃性

GB/T 11022—2011 的 5.17 适用。

6.19 电磁兼容性(EMC)

GB/T 11022—2011 的 5.18 适用。

6.20 X 射线的辐射

GB/T 11022—2011 的 5.19 适用,并做如下补充:

仅适用于带有真空灭弧室的断路器。

6.21 腐蚀

GB/T 11022—2011 的 5.20 适用,并做如下补充:

螺栓和螺钉装配件的腐蚀是可能的,但应保证接地回路的连续性。

在其运行期间,应采取措施防止设备的腐蚀。外壳的所有螺栓和螺钉部件都应易于拆卸。特别是,应考虑不同材料间接触时的电化学腐蚀,以避免可能造成的密封性丧失或电气连接失效。

6.101 压力配合

在使用过程中, GIS 内部的压力可能偏离额定充入压力。由于温度和隔室间的泄漏导致的压力升高会产生附加的机械应力。因泄漏导致的压力降低会降低绝缘性能。图 1 给出了各种压力水平和它们之间的关系。

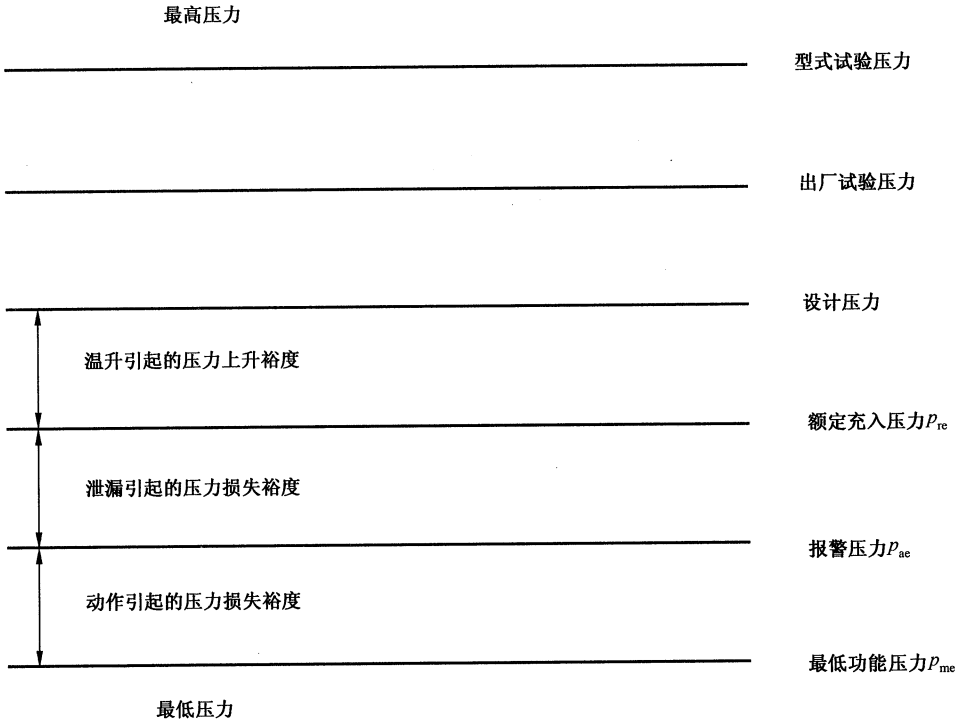


图 1 压力配合

制造厂负责选择最低功能压力 p_{me} 。报警压力 p_{ac} 与额定充入压力 p_{re} 相关, 根据规定的泄漏率来满足用户的要求以达到 GB/T 11022—2011 中规定的再充气周期的最低要求。

报警压力 p_{ac} 到最低功能压力 p_{me} 之间的转换时间应足以采取措施, 该时间取决于气体泄漏率。当考虑此时间周期的持续时间时, 应考虑到气体监控装置的偏差。

在使用状态下, 机械应力与气体温度决定的内部压力相关。因此, 对应于在气体能达到的最高温度时的气体压力。

考虑到材料和制造工艺因素, 应根据外壳的设计压力和隔板的设计压力确定出厂试验压力和型式试验压力。

6.102 内部故障

6.102.1 概述

按照本标准制造的 GIS 发生内部故障电弧的概率很低。这主要是因为采用了绝缘气体而不是大气压力下的空气, 且其不会因污染、湿度或昆虫而变化。

在设计、制造、操作 GIS 时, 应防止 GIS 内部故障的发生。应采取所有可能的措施将发生概率保持在非常低的水平, 例如:

- 绝缘配合;
- 气体泄漏限制和控制;

- 现场高质量工作；
- 开关设备的联锁。

尽管此类事件的概率非常低,但布置也应使得内部电弧故障对开关设备连续运行能力的影响最小(例如高速保护、遥控)。内部电弧不应扩展到相邻的充气隔室中。

在这样的事件后,有必要进行干预来隔离故障的隔室。隔板的设计应确保 GIS 未受影响部分的恢复,以便满足确定的运行连续性要求(参见附录 C)。

6.102.2 电弧的外部效应

内部电弧的效应是:

- 气体压力升高(参见附录 D);
- 可能形成的外壳烧穿。

电弧的外部效应(通过适当的保护装置)应限制到外壳出现孔洞或裂缝而没有碎片。

电弧的持续时间与第 1 段(主保护)和第 2 段(后备保护)保护确定的保护系统的性能有关。

表 4 给出了根据保护系统性能确定的不同电弧持续时间下的性能判据。

表 4 性能判据

额定短路电流 kA(有效值)	保护段	电流持续时间 s	性能判据
<40	1	0.2	除了适当的压力释放装置动作外没有外部效应
	2	≤0.5	没有碎片(允许烧穿)
≥40	1	0.1	除了适当的压力释放装置动作外没有外部效应
	2	≤0.3	没有碎片(允许烧穿)

制造厂和用户可规定不会产生外部效应的内部故障电弧的短路电流和持续时间。应根据试验结果或者公认的计算程序确定该时间。参见附录 D。

可根据公认的计算程序来确定不同短路电流对应的、外壳不会烧穿的电流持续时间。

6.102.3 内部故障定位

如果用户要求确定故障位置, GIS 制造厂应提出适当的方法。

6.103 外壳

6.103.1 概述

外壳应能耐受运行中出现的正常和瞬时压力。

6.103.2 外壳的设计

外壳的设计应按照充气承压外壳、装有惰性的、非腐蚀性的、低压力气体的高压开关设备和控制设备已有的标准进行。更详细的资料见 GB/T 28819。

应根据 3.13 中定义的设计压力来计算和设计焊接或铸造外壳的厚度和结构。

注:设计外壳时还宜考虑下述因素:

- 正常充气过程中可能出现的真空;
- 外壳或隔板两侧可能出现的全部的压力差;
- 在相邻隔室具有不同压力的情况下,如果没有监测到过压力,隔室之间出现意外泄漏事件时出现的压力;

——出现内部故障的可能性(见 6.102)。

确定设计压力时,气体温度应取外壳温度上限和主回路流过额定电流时主回路导体温度的平均值,否则,可根据已有的温升试验记录确定设计压力。

对于外壳及其部件的强度不能完全通过计算确定时,应进行验证试验(见 7.103)来证明其满足要求。

外壳结构中使用的材料应是熟知的、根据计算和/或验证试验证明其最低物理特性。制造厂应根据材料供应商的检验证书和/或制造厂进行的试验,负责材料的选择和其最低物理特性的维护。

6.104 隔板

6.104.1 隔板的设计

隔板应用于分离 GIS 的隔室,并应是气密的从而使相邻隔室之间不会发生污染。隔板应由具有绝缘和机械性能的材料制成,以保证 GIS 寿命期间的正常运行。当被正常负荷开合或短路电流故障开断产生的 SF₆ 副产物污染时,隔板在运行电压下应保持其绝缘耐受强度。

由于运行中大多数隔板两侧具有相同的压力或很小的压力差,显著的压力取决于维护程序。这种情况出现在隔板一侧承受正常压力而另一侧正在进行维护,处于大气压力。但是,还有一种设计,隔板一侧承受压力,另一侧长期处于大气压力。在这两种情况下,隔板承压侧需要考虑的压力是在阳光辐射效应下的最高周围空气温度(如果适用)和额定连续电流(如果适用)时的压力。两种情况导出的压力就是隔板的设计压力。如果需要,制造厂也可规定,隔板承压侧的压力低于维护期间规定的压力和控制的压力。在此情况下,该压力就是设计压力。

出于安全的考虑,在维护活动中,气体压力可降低至低于额定压力的、规定的和可控的压力。在这种情况下,在隔板一侧上的这个降低的压力可用于确定设计压力。警告标志和气体处理程序应写入操作和维护手册中。

超出设计压力,如果适用,应考虑下述因素:

- 作为充气过程的一部分,隔板一侧的充气隔室处于真空状态而另一侧处于正常运行压力,如果有压差限制,或关于压差的时间限制,制造厂应明确规定;
- 设备和相关回路在电气试验期间,隔板一侧受控的压力增加(超过最高气体压力)而另一侧处于正常运行压力;
- 对于非对称的隔板,就隔板的压力而言,是指最坏的压力方向;
- 叠加的负荷和震动;
- 靠近承压隔板进行维护的可能性,应特别注意避免隔板的断裂和维护人员的受伤。

注:在确定设计压力时不考虑内部故障导致的增加的压力,因为在这种情况下,隔板将被仔细检查并进行替换(如果必要)。

6.104.2 隔室划分

选择电气单线图是满足运行连续性要求的主要考量。在维护、修理和扩展时,设施的布置安排以及拆除会影响运行连续性。

在维护、修理和扩展时,GIS 的分隔受运行连续性要求的影响。地方法规和安全的要求也应考虑,见第 12 章。

参见附录 C 给出的运行连续性的导则。

GIS 应按以下方式划分隔室:

- 在要求 GIS 部分断电的各种情况中,退出运行的隔室应满足用户的运行连续性要求。这些活动包括:
 - 维护;

- 修理；
- 扩展。

——一个隔室内部电弧的影响应限制在此隔室(见 6.102.1)；
 ——严重故障时的不可用时间应符合用户的运行连续性要求；
 ——考虑到气体处理装置可用性，充气隔室可在合理的时间内抽真空并充气。

注：对于现场绝缘试验(在维护、修理或扩展之后)，参考 11.3.101.2。

隔板通常为绝缘材料，并非用来提供人员的电气安全性。为了人员的安全，可采用其他方式，例如设备接地和设置安全的隔离距离。

隔板针对维护、修理和扩展时相邻隔室中仍存在的气体压力提供机械安全。在这样的活动中，应考虑隔板上除压力外的其他机械应力，例如任何一块的震动，或导体引起的瞬态机械应力，来确定安全规程并避免人员受伤。

当 GIS 母线管道在户内和户外位置之间穿过时(例如，安装在建筑物内的 GIS 具有户外套管)，充气隔室可具有靠近墙的隔板，将隔室分离在户内和户外环境之间，来防止气体监控装置的误报警引起的问题以及户内和户外温差引起的凝露。

每个隔室应装有下列附件：

- 充气阀；
- 气体监控装置(见 6.10)。

根据 GIS 设计或根据用户要求，每个隔室可配备下列附件：

- 压力释放装置(见 6.105.3)；
- 干燥剂；
- 内部故障电弧位置探测器(见 6.102.3)。

图 2 给出了相邻隔室不同类型的外壳和充气隔室布置示例。

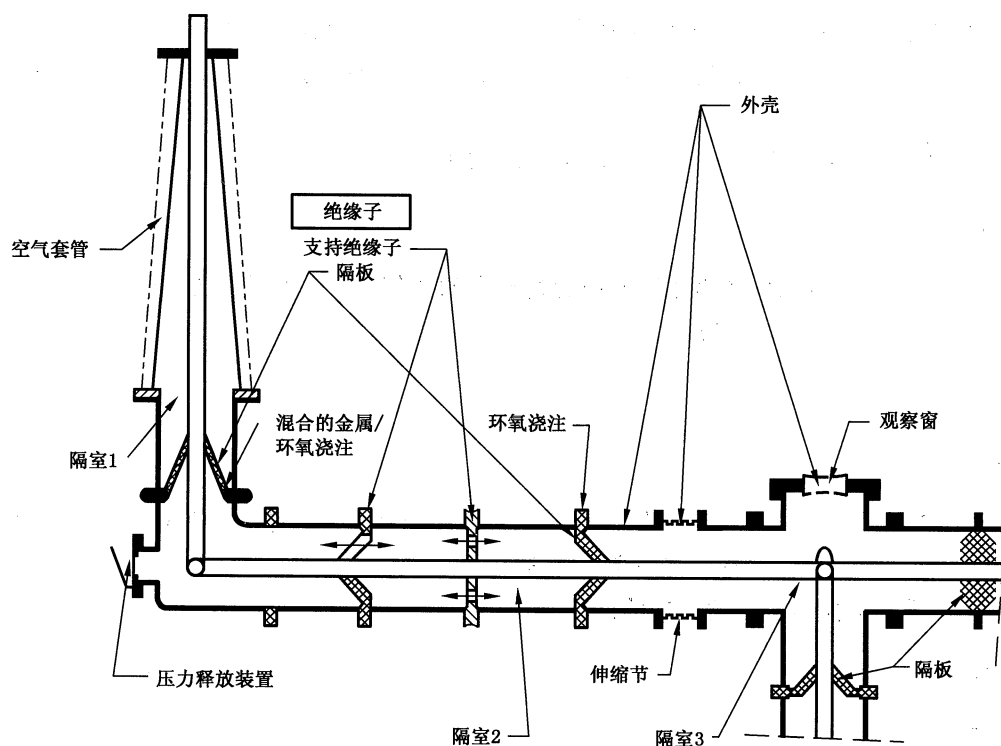


图 2 外壳和充气隔室布置示例

6.105 压力释放

6.105.1 概述

压力释放装置包括压力释放阀(由开启压力和关闭压力来表征),以及非重合压力释放装置(如膜片和防爆盘)。符合本条的压力释放装置的布置,应使得有压力的气体或蒸汽逸出时,对在气体绝缘变电站内正在履行其正常运行职责的人员的危害最小。

6.105.2 非重合压力释放装置

在内部故障引起的电弧之后,受损的外壳将被替换,非重合压力释放装置仅需要相应地限制电弧的外部影响(见 6.102.2)。

6.105.3 压力释放阀

在隔室充气时,压力释放阀应与充气管道相匹配,防止充气时充气压力超过设计压力的 110%。

压力释放阀打开后,在压力降至设计压力的 75%以下时应能重新闭合。

选择充入压力时应考虑到充气时的气体温度。

6.105.4 内部故障情况下的压力升高限值

在内部故障情况下,压力释放装置用于限制产生的过压力。由于安全原因以及为了限制对 GIS 的影响,除了过压力能自身限制到不超过型式试验压力的大容积隔室以外,推荐每个隔室都装设压力释放装置。计算方法参见附录 D。

压力释放装置应装设导流板来控制逸出的方向,使得正常运行时,对在可触及位置工作的运行人员的危害减到最小。

为了避免正常运行条件下压力释放阀动作,在设计压力和压力释放装置的动作压力之间应有足够的差值。而且,确定压力释放装置的动作压力时,应考虑到运行期间出现的瞬时压力(如果适用,如断路器)。

注:在内部故障导致外壳变形的情况下,宜检查相邻隔室的外壳是否变形。

6.106 噪声

操作期间,开关设备发出的噪声水平不应超过规定的数值。验证程序应根据用户和制造厂之间的协议(见 GB/T 3785.1 和 GB/T 3785.2)。

6.107 界面

6.107.1 概述

为了方便 GIS 的试验,下述每种元件在设计过程中可包括隔离设施。这种隔离的方式优于拆卸的方式。对于空气套管,优先解开空气侧的高压连接。

隔离设施应设计成能耐受下述元件的试验电压。

6.107.2 电缆连接

6.107.2.1 概述

见 GB/T 22381—2017。

GIS 中那些仍然和电缆连接的部件,应能耐受相关电缆标准规定的,与设备相同额定电压的电缆试

验电压。

通常在电缆绝缘试验期间,除非已经采取了特别措施来防止电缆中出现的破坏性放电影响 GIS 的带电部件,否则,GIS 的相邻部件应不带电并接地。

应在电缆连接的外壳,或 GIS 自身或(为减低 SF_6 的处理损耗)在电缆的另一端提供电缆试验用套管的位置。

6.107.2.2 挤包绝缘电缆

根据 GB/T 11017.1 和 GB/T 22078.1,挤包电缆安装后的电气试验为交流电压试验;在电缆终端附近的 GIS 的部分可能承受电缆的交流试验电压。

6.107.2.3 充油式电缆

根据 GB/T 9326(所有部分),充油电缆安装后的电气试验为直流电压试验;如果无法接受对 GIS 施加直流电缆试验电压,应制定电缆试验的特殊条款(例如,断开设备和/或增加绝缘气体密度)。

6.107.3 和变压器的直接连接

见 GB/T 22382—2017。

为了实施变压器的试验,套管或 GIS 的设计中可包含一个独立的接地开关。应考虑变压器试验中避免任何 GIS 的隔室打开,以降低 SF_6 的处理损耗并减少设备的停机时间。

6.107.4 套管

见 GB/T 4109—2008、GB/T 26218.1—2010、GB/T 26218.2—2010、GB/T 26218.3—2011、GB/T 23752 和 GB/T 21429。

6.107.5 未来扩展的界面

如果有扩展的要求,用户应在技术规范中规定和考虑未来扩展所有可能的位置。

如果在今后用户要求和另一种 GIS 产品扩展,制造厂应以图样的形式提供足够的资料以便能进行今后阶段的界面设计。用户和制造厂之间应就保证设计细节保密性的程序达成协议。

界面的设计应优先考虑母线或母线管,不宜直接和包含可操作开关装置(如断路器或者隔离开关)的隔室相连。如果计划扩展,推荐对界面关联的设施在扩展部分的安装和试验时,应限制对已有的 GIS 部分进行重复试验,并允许和已有 GIS 的连接而不需进一步的绝缘试验(见附录 G 中 G.3)。该设施应能耐受隔离断口的额定绝缘水平。

6.108 伸缩节

伸缩节(如果有)主要用于装配调整、吸收基础间的相对位移或热胀冷缩的伸缩量等。制造厂应根据使用的目的、允许的位移量和位移方向等选定伸缩节的结构。

在 GIS 分开的基础间允许的相对位移(不均匀下沉)应由制造厂和用户商定。

伸缩节的机械强度应满足焊接壳体的压力要求。

6.109 观察窗

观察窗(如果有)至少应达到与所配用外壳一致的防护等级。

观察窗应使用机械强度与外壳相近的透明板遮盖(应保证气体不泄漏)。同时,应有足够的电气间隙或静电屏蔽等措施(例如,在观察窗的内侧加一个适当的接地金属编织网),防止产生危险的静电电荷。

主回路带电部分与观察窗的可触及表面之间的绝缘,应能耐受 GB/T 11022—2011 中 4.3 规定的对地和极间的试验电压。

7 型式试验

7.1 总则

7.1.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 6 章适用,并做如下补充:

装在 GIS 内的元件,如果它们的技术要求超出 GB/T 11022—2011 的规定,则应符合各自的技术要求,并按这些要求进行试验,还应考虑到下述规定:

由于元件的类型、额定参数和它们的组合具有多样性,实际上不可能对 GIS 的所有方案都进行型式试验,所以,型式试验只能在典型的间隔上进行。任何一种具体布置方案的可能性可用可比布置方案的试验数据来验证。用户应检查试验过的分装能代表用户所需的布置。

GB/T 11022—2011 的 6.1.1 中 d)修改如下:

d) 正常生产的产品,每隔八年应进行一次温升试验、机械操作试验(8.102、8.103)、基本短路试验方式 T100s、短时耐受电流和峰值耐受电流试验。其他项目的试验必要时也可抽试。

对于型式试验,可采用符合 GB/T 12022 的新的 SF₆ 或者符合 GB/T 8905 的使用过的 SF₆。见 6.3。

关于气体处理,应符合 GB/T 28537 的要求。

7.1.2 试验的分组

GB/T 11022—2011 的 6.1.2 适用,并做如下补充:

表 5 中列出了型式试验项目。如 GB/T 11022—2011 中提出的那样,某些试验可分组。表 5 中还给出了一种可能的分组示例。

表 5 型式试验分组示例

组别	强制的型式试验项目	如果用户要求(可使用附加的试品)的型式试验项目	章条号
1	a)绝缘试验	—	7.2
1	b)无线电干扰电压(r.i.v.)试验(如果适用)	—	7.3
2	c)回路电阻测量以及温升试验	—	7.4 和 7.5
3	d)短时耐受电流和峰值耐受电流试验	—	7.6
3	e)关合和开断能力的验证	—	7.101
4	f)机械和环境试验	—	7.102
*	g)外壳的验证试验	—	7.103
4	h)防护的验证	—	7.7
4	i)气体密封性试验和气体状态测量	—	7.8
*	j)电磁兼容性试验(EMC)	—	7.9
4	k)辅助和控制回路的附加试验	—	7.10
*	l)隔板的压力试验	—	7.104
4	m)验证在极限温度下机械操作的试验	—	7.102.2

表 5（续）

组别	强制的型式试验项目	如果用户要求(可使用附加的试品)的型式试验项目	章条号
*	n)绝缘子试验	—	7.106
*	o)接地连接的腐蚀性试验(如果适用)	—	7.107
*	p)真空灭弧室的 X 射线试验程序(如果适用)	—	7.11
*	—	q)内部故障电弧条件下的试验	7.105
*	—	r)外壳的腐蚀试验(如果适用)	7.108
注：宜使用 GB/T 11022—2011 的 6.1.1 以及相关设备标准中规定的试品的数量来进行所有强制的型式试验。 表中标记“*”的试验允许使用附加的试品来进行。			

7.1.3 确认试品的资料

GB/T 11022—2011 的 6.1.3 适用。

7.1.4 型式试验报告中包含的资料

GB/T 11022—2011 的 6.1.4 适用。

7.2 绝缘试验

7.2.1 概述

GB/T 11022—2011 的 6.2 适用,并做如下补充：

根据 7.2.10 所述的试验程序,按型式试验进行的绝缘试验后应紧接着进行局部放电测量。

7.2.2 试验期间的周围空气条件

GB/T 11022—2011 的 6.2.2 适用,并做如下补充：

对于 GIS 的绝缘试验,不宜施加大气校正系数(套管除外)。

7.2.3 湿试验程序

GB/T 11022—2011 的 6.2.3 不适用,但应注意以下几点：

——湿试验仅适用于户外套管；

——试验电压和试验程序应按 GB/T 4109—2008 的规定。

注：仅在合闸位置实施。

7.2.4 绝缘试验期间开关设备和控制设备的状态

GB/T 11022—2011 的 6.2.4 适用。

7.2.5 通过试验的判据

GB/T 11022—2011 的 6.2.5 适用。

注：为了排除运行中所有可能造成内部故障的诱因,检查绝缘强度对 GIS 特别重要。因此,如果在型式试验系列中出现任何破坏性放电,推荐采用所有可能的手段去发现闪络的位置并分析闪络的原因。宜声明该绝缘失效的原因在制造过程中能避免。

7.2.6 试验电压的施加和试验条件

7.2.6.1 概述

GB/T 11022—2011 的 6.2.6 适用,并做如下补充:

试验电压在 7.2.7 和 7.2.8 中规定。

如果每极独立地封闭在金属外壳(单极设计)内,仅需要进行对地试验,不需要进行极间试验。用于外部连接的套管应按相关的标准进行试验。

如果有观察窗,绝缘试验时应用接地的金属箔覆盖在观察窗可触及的一侧。

绝缘试验期间,电流互感器二次侧应短路并接地。

应注意到开关装置处于分闸位置时可能导致较不利的电场条件。对于这种情况,试验应分别在分闸位置、开关装置的两端进行。如果处于分闸位置的隔离开关的触头间插有接地的金属屏,则该触头间隙不是隔离断口。

如果电压互感器和/或避雷器是 GIS 不可分割的一部分并具有降低的绝缘水平,在绝缘试验期间它们可用能再现高压连接电场结构的替代品代替。试验期间过电压保护装置应予以隔离或移开。如果采用该程序,电压互感器和/或避雷器应按相关的标准单独试验。

附录 D 中详细规定了特殊要求。

7.2.6.2 一般情况

GB/T 11022—2011 的 6.2.6.2 适用。

7.2.6.3 特殊情况

GB/T 11022—2011 的 6.2.6.3 适用,并做如下补充:

如果开关装置断口间或隔离断口间的试验电压高于极对地耐受水平,但是却等于极间的耐受水平,试验电压应按照 GB/T 11022—2011 的 6.2.6.3 施加。

对于 $U_r \leq 252$ kV 的开关设备和控制设备,隔离断口间的试验可将试验电压施加在隔离断口的一侧,另一侧接地,或者按照 GB/T 11022—2011 的 6.2.6.3。

如果极间的耐受水平高于极对地的耐受水平,试验电压应按附录 E 施加。

7.2.7 $U_r \leq 252$ kV 的开关设备和控制设备的试验

7.2.7.1 概述

额定耐受电压应为表 2 中规定值。

7.2.7.2 工频电压试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.7.2 适用,并做如下补充:

GIS 的主回路应仅在干状态下进行工频电压试验。

7.2.7.3 雷电冲击电压试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.7.3 适用,并做如下补充:

如果采用 GB/T 11022—2011 的 6.2.6.3 中规定的替代方法,试验电压按表 2 列(5)中的规定值。

7.2.8 $U_r > 252$ kV 的开关设备和控制设备的试验

7.2.8.1 概述

额定耐受电压应为表 3 中规定值。

7.2.8.2 工频电压试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.8.2 适用。

7.2.8.3 操作冲击电压试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.8.3 适用,并做如下补充:

GIS 的主回路应仅在干状态下进行操作冲击电压试验。

对于三极设计,极间的操作冲击试验应采用特殊的试验要求。特殊的试验要求在附录 E 中详细规定。

7.2.8.4 雷电冲击电压试验

GB/T 11022—2011 的 6.2.8.4 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 仅适用于户外套管。

7.2.10 局部放电试验

7.2.10.1 概述

应进行局部放电试验,测量方法应按照 GB/T 7354 的规定。

试验可在用于进行全部绝缘型式试验的设备的总装或分装上进行。

注:工频电压试验和局部放电试验可同时进行。

7.2.10.101 试验程序

外施工频电压升高到预加值,该预加值等于工频耐受电压并保持在该值 1 min。在这个期间出现的局部放电应不予考虑。然后,电压降到表 6 中的规定值,这些规定值取决于进行局部放电测量的设备结构和系统的中性点接地方式。

应记录熄灭电压。

表 6 测量局部放电量的试验电压

外壳极数	中性点直接接地的系统		中性点非直接接地的系统	
	预加电压 $U_{\text{pre-stress}}$ (1 min)	PD 测量的试验电压 $U_{\text{pre-test}}$ (>1 min)	预加电压 $U_{\text{pre-stress}}$ (1 min)	PD 测量的试验电压 $U_{\text{pre-test}}$ (>1 min)
单极外壳设计 (极对地电压)	$U_{\text{pre-stress}} = U_d$	$U_{\text{pre-test}} = 1.2U_r/\sqrt{3}$	$U_{\text{pre-stress}} = U_d$	$U_{\text{pd-test}} = 1.2U_r$
三极外壳设计	$U_{\text{pre-stress}} = U_d$	$U_{\text{pd-test, ph-ea}} = 1.2U_r/\sqrt{3}$ $U_{\text{pd-test, ph-ph}} = 1.2U_r$	$U_{\text{pre-stress}} = U_d$	$U_{\text{pd-test, ph-ea}} = 1.2U_r$
U_r —— 设备的额定电压; U_d —— 表 2 和表 3 中规定的工频耐受试验电压; $U_{\text{pre-stress}}$ —— 预加电压; $U_{\text{pd-test}}$ —— PD 测量的试验电压; $U_{\text{pd-test, ph-ea}}$ —— PD 测量的试验电压,极对地; $U_{\text{pd-test, ph-ph}}$ —— PD 测量的试验电压,极间。				

试验时,应在开关装置分、合闸位置各进行一次。此外,所有的元件应按各自相关的标准进行试验。

7.2.10.102 最大允许局部放电量

在表 6 规定的试验电压下最大允许局部放电量不应超过 5 pC。

上述规定值适用于独立的元件以及包含这些元件的分装。但是,某些设备,例如采用液体、浸入或固体绝缘的电压互感器,按照它们相关的标准,局部放电量高于 5 pC 是可接受的。如果局部放电量不超过 10 pC,所有包含允许局部放电量高于 5 pC 的元件的分装应认为是可接受的。这样的元件应单独试验且不应放在进行试验的分装内。

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 适用,并做如下补充:

对于三极外壳设计,该试验应在开关装置断口间、隔离断口间、极对地和极间进行。

GIS 中的元件应满足各自标准的规定。

7.3 无线电干扰电压(r.i.v.)试验

GB/T 11022—2011 的 6.3 适用,并做如下补充:

本试验仅在合闸位置,且仅适用于套管。

7.4 回路电阻测量

7.4.1 主回路

GB/T 11022—2011 的 6.4.1 适用,并做如下补充:

回路电阻测量适用于温升试验和短路试验前后的所有 GIS 元件(除接地开关外)。

测量所用的电流应等于或高于直流 100 A 以获取足够的准确度。

7.4.2 辅助回路

GB/T 11022—2011 的 6.4.2 适用。

7.5 温升试验

7.5.1 受试开关设备和控制设备的状态

GB/T 11022—2011 的 6.5.1 适用。

7.5.2 设备的布置

GB/T 11022—2011 的 6.5.2 适用,并做如下补充:

除了每极独立封闭在一个金属外壳内的情况外,试验应按额定相数进行,额定电流从母线的一端流向出线端。

如果允许并进行单相试验,流过外壳的电流应为额定电流。

如果对独立的分装进行试验,相邻的分装应承载能产生相应于额定条件的功率损耗的电流。如果试验不能在实际条件下进行,允许使用加热器或绝热的方式模拟等效条件。

7.5.3 温度和温升的测量

GB/T 11022—2011 的 6.5.3 适用。

7.5.4 周围空气温度

GB/T 11022—2011 的 6.5.4 适用。

7.5.5 辅助和控制设备的温升试验

GB/T 11022—2011 的 6.5.5 适用。

7.5.6 温升试验的解释

GB/T 11022—2011 的 6.5.6 适用,并做如下补充:

对于户外应用,制造厂应证明设备在第 4 章中选择的使用条件下的温升不会超过可接受的限值。

注:宜考虑到阳光辐射的效应。

7.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

7.6.1 概述

GB/T 11022—2011 的 6.6 适用。

7.6.2 开关设备和试验回路的布置

GB/T 11022—2011 的 6.6.2 不适用。

具有三极外壳的 GIS 应进行三相试验。具有单极外壳的 GIS 应进行单相试验且外壳中应有全部的返回电流。

试验应在有代表性的装配上进行,该装配应包括所有的连接方式(螺栓的、焊接的、插入的或者其他连接段)以验证连接在一起的 GIS 元件的完整性。设计的所有元件和分装的样品都应进行试验。试验应在能提供最严酷条件的结构上进行。

7.6.3 试验电流和持续时间

GB/T 11022—2011 的 6.6.3 适用。

7.6.4 试验期间开关设备和控制设备的性能

GB/T 11022—2011 的 6.6.4 适用。

7.6.5 试验后开关设备和控制设备的状态

GB/T 11022—2011 的 6.6.5 适用。

7.6.101 主回路试验

试验后,应按 7.4.1 测量主回路电阻(接地开关除外)。如果电阻的增加超过 20%,同时又不可能用目测检查证实触头的状况,应进行一次附加的温升试验。外壳内的元件和导体不应出现影响正常运行的变形或损坏。

7.6.102 接地回路试验

制造厂应通过试验或计算来证明接地回路耐受接地系统的额定短时耐受电流和峰值耐受电流的

能力。

如果用户要求验证试验,工厂装配的接地回路,包括接地导体、接地连接和接地装置应一起安装在 GIS 中进行试验,并带有所有可能影响性能或改变短路电流的相关元件。

试验后,外壳内的元件和导体不应出现影响主回路正常运行的变形或损坏。接地导体、接地连接和接地装置的某些变形或劣化是允许的,但是,应保证接地回路的连续性。

7.7 防护的验证

7.7.1 概述

GB/T 11022—2011 的 6.7 适用。

7.7.2 IP 代码的验证

GB/T 11022—2011 的 6.7.1 适用。

7.7.3 IK 代码的验证

GB/T 11022—2011 的 6.7.2 适用,并做如下补充:

IK 代码的验证不适用于承压的 GIS 外壳。

7.8 气体密封性试验和气体状态测量

7.8.1 概述

GB/T 11022—2011 的 6.8 适用。

7.8.2 气体的可控压力系统

GB/T 11022—2011 的 6.8.2 不适用。

7.8.3 气体的封闭压力系统

GB/T 11022—2011 的 6.8.3 适用。

7.8.4 气体的密封压力系统

GB/T 11022—2011 的 6.8.4 适用。

7.8.101 气体状态测量

应测量充气隔室中的气体状态,并应符合制造厂的技术要求。

7.9 电磁兼容性试验(EMC)

GB/T 11022—2011 的 6.9 适用。

7.10 辅助和控制回路的附加试验

GB/T 11022—2011 的 6.10 适用。

7.11 真空灭弧室的 X 射线试验程序

GB/T 11022—2011 的 6.11 适用。

7.101 关合和开断能力的验证

构成 GIS 主回路一部分的开关装置,应在正常的安装和使用条件下,即它们应和在 GIS 中正常安装的一样带有所有相关的、其布置可能影响性能的元件(例如,连接、支撑件等),按照相关标准进行试验来验证它们的额定短路关合和开断能力。

注:在确定哪些相关元件可能影响性能时,宜特别注意短路所引起的机械力,以及破坏性放电的可能性等。

7.102 机械和环境试验

7.102.1 概述

GIS 中的开关装置应按照它们相关的标准进行机械操作和环境试验,试验应在装有所有可能影响性能的相关元件包括辅助装置的有代表性的总装上进行。所有设备应能耐受开关装置操作引起的应力。

7.102.2 周围温度下的机械操作试验

机械操作试验前后,应按 7.8 进行气体密封性测量,以证明因机械操作型式试验造成的影响没有改变泄漏率。

作为对 GB/T 1985—2014 中附录 E 的补充,所有装有联锁的开关装置应进行 50 次操作循环来检查相关联锁的动作。每次操作前,联锁应设定在防止开关装置动作的位置,然后对每一台开关装置进行一次试操作。试验期间,仅允许使用正常的操作力且不应对开关装置和联锁进行调整。

7.102.3 开关装置的行程——时间特性测量

应测量开关装置的行程——时间特性曲线,测量数据应符合开关装置的技术要求。

7.102.4 高低温试验

应按照相关的标准进行在最高和最低温度下的操作试验,并做如下补充:

试验循环后,应注意到下述几点:

- 外壳中气体的压力;
- 24 h 内气体的泄漏。

7.103 外壳的验证试验

7.103.1 概述

如果外壳或其部件的强度没有经过计算,则应进行验证试验。它们应在内部元件装入之前,试验条件基于设计压力的独立的外壳上进行。

根据所采用材料的适用性,验证试验可是破坏性压力试验或非破坏性压力试验。更进一步的资料见 GB/T 28819。

7.103.2 破坏性压力试验

破坏性压力试验的压力上升速度应限制在 (400 ± 100) kPa/min 的范围内。

压力试验要求应至少如下:

- 铸铝、铝合金外壳的型式试验压力见公式(1):

$$P_T = [3.5/0.7] \times P_D \quad \dots\dots\dots (1)$$

注:数值 0.7 是考虑了涵盖铸造可能存在的分散性。如果经过专门的材料试验证明,允许将该系数提高到 1.0。

——焊接的铝外壳、复合铝外壳和焊接的钢外壳的型式试验压力见公式(2)：

$$P_T = [2.3/\gamma] \times (\sigma_t/\sigma_a) \times P_D \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P_T ——型式试验压力；

P_D ——设计压力；

γ ——焊接效应系数(10%焊接段经过超声波或射线检查时为1；目测检查时为0.75)；

σ_t ——试验温度时的允许设计应力；

σ_a ——设计温度时的允许设计应力。

这些系数基于所用材料验证过的最低性能。

考虑到制造的方法，可要求附加的系数。

经过这些压力后仍然保持完好的所有外壳都不能使用。

7.103.3 非破坏性压力试验

在采用应变指示技术的非破坏性压力试验的情况下，应采用下述程序：

——试验前，能指示 5×10^{-5} mm/mm 应变的应变仪的传感元件应附着在外壳的表面，传感元件的数量、位置以及方向的选择应使得在对外壳完整性重要的所有点上能确定主要的应变和应力。

——水压应以大约 10% 的步长逐步施加至对应于预期设计压力(见 8.101)的标准试验压力或外壳的任何部分出现明显变形为止。

如果满足上述条件，则压力不应进一步升高。

在压力上升期间应读取应变的数值，并在卸载期间重新读取。

如果没有证据表明外壳变形，可不考虑相关的地方法规中的要求。

如果应变/压力关系曲线是非线性的，可重复施加不应超过 5 次的压力。直到相应于连续 2 个循环的加载和卸载曲线本质上一致。如果不能获得一致，应从最后卸载期间获得的，相应于应变/压力关系曲线的线性部分的压力范围内选取设计压力和试验压力。

如果在应变/压力关系曲线的线性部分内达到了标准的试验压力，则应认为可确认预期的设计压力。

如果在应变/压力关系的线性部分获得的最终的试验压力或者压力范围低于标准的试验压力，则设计压力应根据公式(3)计算：

$$P_D = \frac{1}{1.1k} \left(p_y \frac{\sigma_a}{\sigma_t} \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

P_D ——设计压力；

p_y ——存在明显变形时的压力或者在最终卸载阶段相应于应变/压力关系线性部分的，外壳最大应变部分的压力范围；

k ——标准的试验压力系数(见 8.101)；

σ_a ——设计温度时的允许设计应力；

σ_t ——试验温度时的允许设计应力。

7.104 隔板的压力试验

本试验的目的是为了验证在运行条件下承受压力的隔板的安全裕度。

隔板应和维护条件一样安装。压力应以 (400 ± 100) kPa/min 的速度上升直到出现破裂。

型式试验压力应大于 3 倍的设计压力。

7.105 内部故障电弧条件下的试验

制造厂应验证符合 6.102.2 性能的证据。证据可由试验或基于类似布置上进行试验的结果计算组成,或者由两者的组合组成。

在条件最严酷的隔室上进行试验,类推到其他隔室上。

如果要求此类试验,程序应按照附录 F 中规定的方法。

燃弧期间施加的短路电流应相应于额定短时耐受电流,或者在中性点绝缘系统中开关设备的某些应用中,它可是在此系统中出现的接地故障电流。

应进行两项评估。第一项评估是关于在第一段保护(主保护)动作期间设备的性能,第二项评估是关于故障被第二段保护(后备保护)动作排除时的情况。

为了同时验证两项评估,试验的持续时间应至少等于保护的第二段动作的延时。第二段保护动作的最长整定时间在表 3 中规定。只要它不短于用户规定的第二段保护的动作时间,可使用更短的试验持续时间。

如果满足表 3 中规定的性能判据,则认为开关设备是合格的。

7.106 绝缘子试验

7.106.1 概述

绝缘子(隔板和支撑绝缘子)的试验应按 7.106.2 和 7.106.3 进行。

注:已按相关标准通过型式试验的绝缘子,在 GIS 整机上可不进行 7.106.2 和 7.106.3 规定的试验。

7.106.2 热性能

每一个绝缘子设计的热性能应通过 5 个绝缘子,每个进行 10 个热循环来验证。温度值应按表 1 选取。

热循环如下:

- a) 最低周围空气温度(例如, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) 4 h;
- b) 室温 2 h;
- c) 按照 GB/T 11022—2011 中表 3 规定的极限温度(例如, $+105\text{ }^{\circ}\text{C}$) 4 h;
- d) 室温 2 h。

给出的热循环时间是最短时间,在没有达到最终的稳定温度的情况下应予以延长。

试验程序结束后,所有的绝缘子应按照出厂试验 8.2、8.5 和 8.104(适用时)进行试验。

7.106.3 隔板的密封性试验

试验应按下述规定进行。

设计压力应施加在隔板一侧,同时相邻隔室处于真空状态来验证隔板的密封性。在 24 h 期间,在处于真空状态时的隔室测量漏气率。作为替代,可在隔板的一侧施加设计压力加一个大气压的压力,另一侧为大气压力。

试验结束后,不应观察到隔板有损坏。气体密封性试验应按 7.8 进行。漏气率不应超过 6.16 中描述的规定值。

7.107 接地连接的腐蚀性试验

7.107.1 概述

对于户外设施,或者用户要求,应按照本条进行腐蚀验证试验。

受试的分装应是代表 GIS 典型布置,包括 GB/T 11022—2011 中 5.20 规定的实现电气连续性和外壳接地的装置、附件(压力监控装置、压力释放装置)以及二次系统。

对一个有代表性的接地连接进行试验即可。

7.107.2 试验程序

受试的分装应按照 GB/T 2423.17—2008 经过环境试验 Ka(盐雾)。试验的持续时间为 168 h。

此外,对于油漆的表面,耐受包含二氧化硫的潮湿大气的验证应按照 GB/T 9789 进行试验。

7.107.3 通过试验的判据

试验前后按照 7.4.1 测量的外壳的接地电阻变化不应超过 20%。

试验后,总装的拆卸不应受到影响。腐蚀(如果有)的程度应在试验报告中指明。如果是油漆的表面,不应观察到劣化的迹象。

7.108 外壳的腐蚀试验

关于运行条件和推荐的试验要求见 GB/T 11022—2011 的附录 I。

8 出厂试验

8.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 7 章适用,并做如下补充:

对于出厂试验,可使用符合 GB/T 12022 的工业级 SF₆ 或者符合 GB/T 8905 的再生 SF₆。见 6.3。

出厂试验应在完整的开关设备上进行。根据试验的性质,某些试验可在元件、运输单元或完整的设备上进行。出厂试验应保证产品与进行过型式试验的试品一致。

应进行下述出厂试验:

- a) 主回路的绝缘试验;
- b) 辅助和控制回路的试验;
- c) 主回路电阻的测量;
- d) 密封性试验;
- e) 设计和外观检查;
- f) 外壳的压力试验;
- g) 机械操作试验和开关装置的行程—时间特性测量;
- h) 控制机构中辅助回路、设备和联锁的试验;
- i) 隔板的压力试验。

8.2 主回路的绝缘试验

8.2.1 主回路的工频电压试验

GB/T 11022—2011 的 7.2 适用,并做如下补充:

GIS 的工频电压试验应按照 7.2.7.2 或 7.2.8.2 的要求在极对地、极间(如果适用)以及分开的开关装置断口间进行。开关装置断口间的电压试验可在开关装置的一侧进行。出厂试验的耐受电压应是表 2 和表 3 的列(2)中规定的数值。

试验应在绝缘用的最低功能压力下进行。

8.2.2 局部放电测量

进行局部放电测量来探测可能存在的材料缺陷和制造缺陷。

局部放电测量应按照 7.2.10 进行。

局部放电测量应在机械操作试验后和绝缘试验一起进行。

试验应对开关设备 and 控制设备的所有元件实施。可对完整的开关设备 and 控制设备(如果适用),或者对运输单元或者对独立的元件进行。对于不包含固体绝缘的简单元件可免除该试验。

局放试验应在其他出厂试验后实施。

8.3 辅助和控制回路的试验

GB/T 11022—2011 的 7.3 适用。

8.4 主回路电阻的测量

GB/T 11022—2011 的 7.4 适用,并做如下补充:

总电阻值的测量可在工厂的分装或运输单元上实施,同时应确保现场安装后、设施维护或维修期间的测量值之间能进行对比。

8.5 密封性试验

GB/T 11022—2011 的 7.5 适用,并做如下补充:

可采用检漏装置进行泄漏探测。检漏装置的灵敏度至少应为 $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 。如果检漏装置探测到了泄漏,则该泄漏应采用 GB/T 11023 中规定的包扎法进行定量测量。

应测量充气隔室中的气体状态,并应符合开关装置的技术要求。

8.6 设计和外观检查

GB/T 11022—2011 的 7.6 适用。

8.101 外壳的压力试验

加工完成后外壳应进行压力试验。

标准的试验压力应是 k 倍的设计压力,这里系数 k 等于:

——1.3,对于焊接的铝外壳和焊接的钢外壳;

——2,对于铸造的铝外壳和铝合金外壳。

试验压力至少应保持 1 min。

试验期间不应出现破裂或永久变形。

8.102 机械操作试验

进行机械操作试验是为了保证开关装置满足规定的操作条件且机械联锁工作正常。

GIS 的开关装置应按照它们相关的标准进行机械操作试验。机械操作试验可在运输单元完成总装前或总装后进行。

此外,装有机机械联锁的所有开关装置应进行 5 次操作循环以检查相应联锁的动作。每次操作前,应按 7.102 的规定对每个开关装置进行一次试操作。

注:机械联锁可根据交付运输组件的大小在现场进行检查。

这些试验期间,主回路中应无电压或电流,尤其应验证开关装置在它们操动机构的电源电压和压力

规定的限值范围内能正确地合闸和分闸。

应测量开关装置的行程—时间特性曲线,并符合开关装置的技术要求。

8.103 控制机构中辅助回路、设备和联锁的试验

所有的辅助设备应通过功能操作或者通过接线连续性验证进行试验。应检查继电器或传感器的整定。

电气的、气动的以及其他联锁与具有预期的动作顺序的控制装置一起,在预定的使用和操作条件下,采用最不利的辅助电源限值连续进行 5 次试验。试验期间不准许调整。

如果辅助装置动作正确,并在试验后处于良好的工作状态且开关装置的操作力在试验前后基本相同,则认为试验是满意的。

8.104 隔板的压力试验

每个隔板应承受试验值为两倍设计压力的压力试验 1 min。

对于压力试验,隔板应采用和使用中相同的方式固定。

隔板应无泄漏、变形。

9 开关设备和控制设备选用导则

9.1 概述

附录 B 列出了确定开关设备和控制设备额定值时需要考虑的因素。

注: CIGRE 125 描述了气体绝缘开关设备选择的一般导则。

9.2 额定值的选择

GB/T 11022—2011 的 8.2 适用,并做如下补充:

额定值应在第 5 章中选择。

9.3 运行条件改变引起的持续或瞬态过载

GB/T 11022—2011 的 8.3 适用。

10 随询问单、标书和订单提供的资料

10.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 9 章适用,并做如下补充:

附录 B 用表格的形式规定了用户和供应方之间需要交换的技术资料。

10.2 询问单和订单的资料

GB/T 11022—2011 的 9.2 适用。

10.3 标书的资料

GB/T 11022—2011 的 9.3 适用,并做如下补充:

e) 用户应取得推荐工具的列表。

11 运输、储存、安装、运行和维护

11.1 概述

GB/T 11022—2011 的第 10 章适用。

11.2 运输、储存和安装的条件

GB/T 11022—2011 的 10.2 适用。

11.3 安装

11.3.1 概述

GB/T 11022—2011 的 10.3 适用,并做如下补充:

GB/T 11022—2011 的 10.3.2 不适用。

11.3.101 现场安装后的试验

11.3.101.1 概述

安装后,在投运前,应对 GIS 进行试验以检查产品能否正确动作和设备绝缘的完整性。

这些试验和验证包括:

- a) 主回路的绝缘试验,见 11.3.101.2;
- b) 辅助回路的绝缘试验,见 11.3.101.3;
- c) 主回路电阻测量,见 11.3.101.4;
- d) 气体密封性试验,见 11.3.101.5;
- e) 检查和验证,见 11.3.101.6;
- f) 气体质量验证,见 11.3.101.7。

为了保证最小的干扰,以及降低湿气和灰尘进入外壳而妨碍开关设备正确动作的风险,气体绝缘金属封闭开关设备在运行期间不规定或不推荐关于外壳的定期检查或压力试验。无论如何,应参考制造厂的说明书。

制造厂和用户应就现场的交接试验计划达成协议。

11.3.101.2 主回路的绝缘试验

11.3.101.2.1 概述

由于主回路的绝缘试验对 GIS 非常重要,为了消除可能在未来导致内部故障的潜在原因(错误的紧固、处理、运输、储存和安装期间的损坏、外部物体的进入等),应检查绝缘的完好性。

由于不同的目的,这些试验不应取代型式试验和在工厂对运输单元进行的出厂试验。它们是对绝缘出厂试验的补充,目的是为了检查完整设施的绝缘完好性且探测上述的异常情况。如果是新安装的 GIS,绝缘试验通常应在 GIS 完全安装,并在充有额定充入密度气体下完成所有现场试验后进行;也推荐在隔室经过拆卸维护或调节后进行此类绝缘试验。这些试验应与为了达到投运前设备某些电气调整类型进行的逐步升高电压区分开来。

此类现场试验的实施并不总是可行的且可接受与标准试验的偏差。这些试验的目的是送电前的最终检查。选择的试验程序不会伤及 GIS 的健全部件。

对每个独立的情况选择适当的试验方法时,站在可行性和经济性的立场,可能需要一份特殊的协议,例如可能需要考虑试验设备的电源功率、尺寸和重量要求。

现场绝缘试验的详细要求应在制造厂和用户之间达成协议。

11.3.101.2.2 试验程序

GIS 应安装完好并充有额定充入压力的气体。

由于某些元件具有较高的充电电流,或者对电压的限制作用,试验时,某些部件可隔离,例如:

- 高压电缆和架空线路;
- 电力变压器和某些电压互感器;
- 避雷器和火花保护间隙。

注 1: 在确定哪些部件可隔离时,宜注意到试验完成后的重新连接可能会引入故障。

注 2: 如果能防止电压互感器饱和,试验时电压互感器可保持连接,例如采用设计用于试验电压的互感器,或者进行工频试验的频率不会出现饱和。

GIS 每一个新安装的部件都应进行现场绝缘试验。

通常,在扩展的情况下,除非采取了特别措施防止扩展部分的破坏性放电影响已有 GIS 的带电部件,GIS 相邻的已有部分在绝缘试验期间应停电并接地。

主要部件修理或维护后或扩展部分安装后可能需要施加试验电压。为了试验所有涉及的部分,试验电压可能需要施加在已有的部分。在这些情况下,应采用和新安装的 GIS 相同的程序。

11.3.101.2.3 绝缘试验程序

可选择下述试验程序之一:

——程序 A(推荐对于 126 kV 及以下):

- 按表 7 列(2)规定的数值进行工频电压试验并持续 1 min。

——程序 B(推荐对于 252 kV 及以上):

- 按表 7 列(2)规定的数值进行工频电压试验并持续 1 min;并
- 按照表 6 进行局部放电测量,但是预加电压 $U_{\text{pre-stress}} = U_{\text{ds}}$ [表 7 的列(2)];
- 由于该测量有助于确定经过一段时间运行后的设备是否需要维护,推荐在 $U_t/\sqrt{3}$ 时测量局部放电;
- 关于局部放电测量的实际应用,见附录 F。

——程序 C(推荐对于 252 kV 及以上,程序 B 的替代):

- 按表 7 列(2)规定的数值进行工频电压试验并持续 1 min;并
- 按照表 7 列(4)规定的数值对每一极性进行 3 次雷电冲击电压试验。

11.3.101.2.4 试验电压

考虑到:

- 运输单元已经过出厂试验;
- 完整设施的破坏性放电的概率高于单个功能单元;
- 正确安装的设备中的破坏性放电应予以避免。

现场绝缘试验的试验电压应如表 7 所示。

表 7 现场试验电压

设备的额定电压 U_r kV(有效值)	现场短时工频耐受电压 U_{ds} kV(有效值)	现场操作冲击耐受电压 U_{ss} kV(有效值)	现场雷电冲击耐受电压 U_{ps} kV(峰值)
(1)	(2)(见注 1)	(3)	(4)
72.5	120	—	260
126	200	—	460
252	380	—	840
363	425	760	940
550	560	940	1 240
800	760	1 140	1 680
1 100	880	—	1 920

注 1: 列(2)中的数值仅适用于 SF₆ 绝缘或者 SF₆ 是混合气体的主要部分。对于其他绝缘见 GB/T 11022—2011 的表 1 和表 2, 对列(2)中的数值施加系数 0.8。

注 2: 现场试验电压是根据下面公式计算的:
 $U_{ds}(\text{现场试验值}) = U_p \times 0.45 \times 0.8 [\text{列}(2)]$
 $U_{ss}(\text{现场试验值}) = U_s \times 0.8 [\text{列}(3)]$
 $U_{ps}(\text{现场试验值}) = U_p \times 0.8 [\text{列}(4)]$
 所有的数值圆整到下一个模为 5 kV 的更高值。

注 3: 如果规定了不同于表 2 和表 3 中优选值的其他绝缘水平(例如 GB/T 11022—2011 的表 1 和表 2 中的较低的绝缘水平), 现场试验电压宜按注 2 计算。

在某些情况下, 由于技术和实际方面的原因, 现场绝缘试验可用降低的电压进行。G.3 中给出了详细情况。

11.3.101.2.5 电压波形

为了选择适当的电压波形, 应考虑到 GB/T 16927.1。但是, 类似的波形也是允许的。不存在满足所有要求的理想波形。关于试验电压产生的资料见 G.1。允许的偏差如下所示:

a) 工频电压试验:

- 1) 工频电压试验对探测污秽(例如自由移动的导电粒子)特别敏感, 并且在大多数情况下足以探测异常的电场结构;
- 2) 现有的经验是试验频率从 10 Hz 到 300 Hz。

b) 冲击电压试验:

- 1) 雷电冲击电压试验对于探测异常的电场结构(例如损坏的电极)特别敏感。
根据已有的经验, 雷电冲击电压的波前时间延长至 8 μs 是可接受的。如果采用振荡雷电冲击电压, 波前时间可延长至约 15 μs 。
注: 宜考虑到大型设施中陡波前的反射。
- 2) 利用相对简单的试验设备进行的操作冲击电压试验, 特别对于较高的 U_r 可用来探测是否存在污秽以及异常的电场结构。
根据现有的经验, 间歇性或者振荡波形且到达峰值的时间在 150 μs 到 10 ms 范围的操作冲击是合适的。

c) 直流电压试验:不推荐直流电压试验。现有的电缆试验要求不适用于 GIS(见 6.107.2)。

11.3.101.2.6 电压的施加

试验电压源可和被试相导体的任何方便的点相连。

由于下述至少一个原因,通过分开断路器和/或隔离开关可方便地将整个 GIS 分成几段:

- 限制试验电压源的容性负载;
- 便于确定破坏性放电的位置;
- 如果出现破坏性放电,限制放电能量。

在这种情况下,被断路器或隔离开关与受试段隔开的非受试段应接地。除非出厂试验后拆开,否则,开关装置断口间不需要进行现场绝缘试验。

对于三极封闭的 GIS,规定的试验电压应施加在每极导体和外壳间,一次一极,其他极的导体应与接地的外壳相连。极导体之间的绝缘不应耐受其他单独的现场绝缘试验。

11.3.101.2.7 试验的评估

如果每段均耐受规定的试验电压而没有出现破坏性放电,则认为开关设备通过了试验。

在现场绝缘试验期间出现了破坏性放电,试验应重复进行。

重复性试验的导则在 G.6 给出。

如果采用程序 B,且按照符合 GB/T 7354 的传统方法测量局部放电,则最大允许的局部放电量为 10 pC。

注 1: 在现场可能很难拥有 5 pC 以下的背景噪声。需要特别关注试验回路以获得良好的测量。如果噪声高于 5 pC,试验对探测主要的缺陷仍然有效,但是,不适合于探测固定的导电粒子,因为该类缺陷会引起非常低水平的局部放电且完全被噪声所笼罩。在此情况下,如果探测到没有高于背景噪声的破坏性放电,试验是可接受的。

注 2: 如果采用了 VHF/UHF 或者声学法测量局部放电,校准是不可能的。作为替代,可按 G.7.5 进行灵敏度检查。

11.3.101.3 辅助回路的绝缘试验

GB/T 11022—2011 的 7.3 适用,并做如下补充:

绝缘试验应对新的接线实施。如果接线已经取掉或者回路中包含有电子装置,这些回路不必进行试验。

11.3.101.4 主回路电阻测量

在尽可能与运输单元进行出厂试验类似的条件下,对完整的设施进行总体测量。

考虑到两种试验布置(装置、触头和连接的数量,导体长度等)的差异,测得的电阻不应超过运输单元上进行的出厂试验的最大允许值(见 8.4)。

11.3.101.5 气体密封性试验

GB/T 11022—2011 的 7.5 也适用于现场的气体密封性试验。

应对现场进行装配的所有连接进行定性的气体密封性试验。可使用泄漏探测器。

11.3.101.6 检查和验证

应进行以下验证:

- a) 按照制造厂的图样和说明书装配的符合性;
- b) 所有管道连接的密封以及螺栓和连接的紧密性;

- c) 按照图样接线的符合性;
- d) 电气的、气动的以及其他联锁的正常功能;
- e) 包括加热和照明在内的控制、测量、保护和调节设备的正常功能。

应按照相关的标准进行机械操作检查和验证。如果没有规定验证,制造厂应在交接试验计划中规定。

11.3.101.7 气体质量验证

为了获得可靠的测量结果,气体湿度应在充入额定压力的气体至少 24 h 后进行检查。 SF_6 湿度不应超过 GB/T 11022—2011 的 5.2 中确定的限值。

运行期间气体状态的检查,见 GB/T 8905。

对于处理规定,见 GB/T 28537。

注:注意在抽样和/或检查(例如,通过收集袋或安装在用于确定湿度的检查装置输出阀上的收集器)期间,宜使得释放到大气中的气体最少。

11.4 运行

GB/T 11022—2011 的 10.4 适用。

11.5 维护

GB/T 11022—2011 的 10.5 适用。

12 安全性

GB/T 11022—2011 的第 11 章适用,并做如下补充:

注:在相邻隔室处于全压力下工作时,可能需要根据当地法规采取保护工人的安全措施。

13 产品对环境的影响

GB/T 11022—2011 的第 12 章适用,并做如下补充:

应记录安装、现场试验和维护时气体的处理损耗。

应记录每次再充气,并指出充入隔室的增加的 SF_6 质量。

附 录 A
(资料性附录)

本标准与 IEC 62271-203:2011 相比的结构变化情况

本标准与 IEC 62271-203:2011 相比在结构上有调整,具体章条编号对照见表 A.1。

表 A.1 本标准与 IEC 62271-203:2011 的章条编号对照情况

本标准章条编号	IEC 62271-203:2011 章条编号
1	1.1
2	1.2
3	3
4	2
4.1	—
4.2	2.1
4.3	2.2
5	4
5.1	—
5.2	4.1
5.3	4.2
5.4	4.3
5.5	4.4
5.5.1	4.4.1
5.5.2	4.4.2
5.6	4.5
5.7	4.6
5.8	4.7
5.9	4.8
5.10	4.9
5.11	4.10
5.12	4.11
6	5
6.1	—
6.2	5.1

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-203:2011 章条编号
6.3	5.2
6.4	5.3
6.4.101	5.3.101
6.4.102	5.3.102
6.5	5.4
6.6	5.5
6.7	5.6
6.8	5.7
6.9	5.8
6.10	5.9
6.11	5.10
6.12	5.11
6.13	5.12
6.14	5.13
6.15	5.14
6.16	5.15
6.16.1	—
6.16.2	5.15.1
6.16.3	5.15.2
6.16.4	5.15.3
6.16.101	5.15.101
6.16.102	5.15.102
6.17	5.16
6.18	5.17
6.19	5.18
6.20	5.19
6.21	5.20
6.101	5.101
6.102	5.102
6.102.1	5.102.1

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-203:2011 章条编号
6.102.2	5.102.2
6.102.3	5.102.3
6.103	5.103
6.103.1	5.103.1
6.103.2	5.103.2
6.104	5.104
6.104.1	5.104.1
6.104.2	5.104.2
6.105	5.105
6.105.1	—
6.105.2	5.105.1
6.105.3	5.105.2
6.105.4	5.105.3
6.106	5.106
6.107	5.107
6.107.1	—
6.107.2	5.107.1
6.107.2.1	5.107.1.1
6.107.2.2	5.107.1.2
6.107.3	5.107.2
6.107.4	5.107.3
6.107.5	5.107.4
6.108	—
6.109	—
7	6
7.1	6.1
7.1.1	—
7.1.2	6.1.1
7.1.3	6.1.2
7.1.4	6.1.3

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-203:2011 章条编号
7.2	6.2
7.2.1	—
7.2.2	6.2.1
7.2.3	6.2.2
7.2.4	6.2.3
7.2.5	6.2.4
7.2.6	6.2.5
7.2.6.1	—
7.2.6.2	6.2.5.1
7.2.6.3	6.2.5.2
7.2.7	6.2.6
7.2.7.1	—
7.2.7.2	6.2.6.1
7.2.7.3	6.2.6.2
7.2.8	6.2.7
7.2.8.1	—
7.2.8.2	6.2.7.1
7.2.8.3	6.2.7.2
7.2.8.4	6.2.7.3
7.2.9	6.2.8
7.2.10	6.2.9
7.2.10.1	—
7.2.10.101	6.2.9.101
7.2.10.102	6.2.9.102
7.2.11	6.2.10
7.2.12	6.2.11
7.3	6.3
7.4	6.4
7.4.1	6.4.1
7.4.2	6.4.2

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-203:2011 章条编号
7.5	6.5
7.5.1	6.5.1
7.5.2	6.5.2
7.5.3	6.5.3
7.5.4	6.5.4
7.5.5	6.5.5
7.5.6	6.5.6
7.6	6.6
7.6.1	6.6.1
7.6.2	6.6.2
7.6.3	6.6.3
7.6.4	6.6.4
7.6.101	6.6.101
7.6.102	6.6.102
7.7	6.7
7.7.1	6.7.1
7.7.2	6.7.2
7.8	6.8
7.8.1	—
7.8.2	6.8.1
7.8.3	6.8.2
7.8.4	6.8.3
—	6.8.4
7.8.101	—
7.9	6.9
7.10	6.10
7.11	6.11
7.101	6.101
7.102	6.102
7.102.1	6.102.1

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-203:2011 章条编号
7.102.2	6.102.2
7.102.3	—
7.102.4	6.102.3
7.103	6.103
7.103.1	6.103.1
7.103.2	6.103.2
7.103.3	6.103.3
7.104	6.104
7.105	6.105
7.106	6.106
7.106.1	6.106.1
7.106.2	6.106.2
7.106.3	6.106.3
7.107	6.107
7.107.1	6.107.1
7.107.2	6.107.2
7.107.3	6.107.3
7.108	6.108
8	7
8.1	—
8.2	7.1
8.2.1	7.1.101
8.2.2	7.1.102
8.3	7.2
8.4	7.3
8.5	7.4
8.6	7.5
8.101	7.101
8.102	7.102
8.103	7.103

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-203:2011 章条编号
8.104	7.104
9	8
9.1	—
9.2	8.1
9.3	8.2
10	9
10.1	—
10.2	9.1
10.3	9.2
11	10
11.1	—
11.2	10.1
11.3	10.2
11.3.101	10.2.101
11.3.101.1	10.2.101.1
11.3.101.2	10.2.101.2
11.3.101.2.1	10.2.101.2.1
11.3.101.2.2	10.2.101.2.2
11.3.101.2.3	10.2.101.2.3
11.3.101.2.4	10.2.101.2.4
11.3.101.2.5	10.2.101.2.5
11.3.101.2.6	10.2.101.2.6
11.3.101.2.7	10.2.101.2.7
11.3.101.3	10.2.101.3
11.3.101.4	10.2.101.4
11.3.101.5	10.2.101.5
11.3.101.6	10.2.101.6
11.3.101.7	10.2.101.7
11.4	10.3
11.5	10.4

表 A.1 (续)

本标准章条编号	IEC 62271-203:2011 章条编号
12	11
13	12
附录 A	—
附录 B	附录 E
附录 C	附录 F
附录 D	附录 D
附录 E	附录 A
附录 F	附录 B
附录 G	附录 C

附 录 B
(资料性附录)
询问单、标书和订单需给出的资料

B.1 概述

本附录以表格的形式给出了用户和供应方需要交换的技术资料的示例。

注：“供应方的信息”意味着仅供应方提供这些资料。

B.2 正常和特殊使用条件

见表 B.1 及第 4 章。

表 B.1 正常和特殊使用条件

项目	单位	用户的要求(见表 1)	供应方的提议
运行条件	户内或户外		
周围空气温度: 最低 最高	℃ ℃		
太阳辐射	W/m ²		
海拔	m		
污秽	级		
覆冰	mm		
风	m/s		
湿度	%		
凝露或凝结			
震动	级		
二次系统中感应的电磁干扰	kV		

B.3 额定值

见表 B.2 及第 5 章。

表 B.2 额定值

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
系统标称电压	kV		
设备的额定电压(U_r)	kV		

表 B.2 (续)

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
极对地和极间的额定绝缘水平			
额定短时工频耐受电压(U_d)	kV		
额定操作冲击耐受电压(U_s)			
极对地	kV		
极间	kV		
额定雷电冲击耐受电压(U_p)	kV		
额定频率(f_r)	Hz		
额定电流(I_r)	A	根据单个线路	
额定短时耐受电流(I_k)	kA		
额定峰值耐受电流(I_p)	kA		
额定短路持续时间(t_k)	s		
合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源电压(U_s)	V		
合分闸装置以及辅助和控制回路的额定电源频率	Hz	DC 或 50 Hz	
中性点接地		直接或非直接	

B.4 设计与结构

见表 B.3 及第 6 章。

表 B.3 设计与结构

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
极数			
单极或三极设计			
最大 SF ₆ 泄漏率	%/年		
额定充入压力 p_{re}			
断路器	MPa	供应方的信息	
其他隔室	MPa	供应方的信息	
报警压力 p_{ae}			
断路器	MPa	供应方的信息	
其他隔室	MPa	供应方的信息	
最低功能压力 p_{me}			
断路器	MPa	供应方的信息	
其他隔室	MPa	供应方的信息	

表 B.3 (续)

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
外壳设计压力 断路器 其他隔室	MPa MPa	供应方的信息 供应方的信息	
外壳的型式试验压力 断路器 其他隔室	MPa MPa	供应方的信息 供应方的信息	
外壳的出厂试验压力 断路器 其他隔室	MPa MPa	供应方的信息 供应方的信息	
压力释放装置的动作压力 断路器 其他隔室	MPa MPa	供应方的信息 供应方的信息	
内部故障的短路电流 持续时间	kA s		
在充入压力下整个 GIS 的 SF ₆ 气体质量	kg	供应方的信息	
在充入压力下最大隔室的 SF ₆ 气体质量	kg	供应方的信息	
最高允许气体露点	℃	供应方的信息	
露点测量和适当校正的建议			
气体隔室的数量		供应方的信息	
最长运输段的长度	m		
现场安装期间需要搬运的设备的最重部件的重量	kg		
噪声			

B.5 母线管

见表 B.4。

表 B.4 母线管

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
电感	H/m	供应方的信息	
电容	pF/m	供应方的信息	
在频率 f_i 时外壳的电阻	Ω /m	供应方的信息	
在频率 f_i 时导体的电阻	Ω /m	供应方的信息	
波阻抗	Ω	供应方的信息	

B.6 断路器

GB/T 1984—2014 的第 9 章适用。

B.7 隔离开关和接地开关

GB/T 1985—2014 的第 9 章适用。

B.8 套管

GB/T 4109—2008 适用,并做如下补充:

表 B.5 给出了关于户外油浸式套管(见 GB/T 4109—2008 的 3.19)的技术资料的补充示例。

表 B.5 套管

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
内部绝缘类型		气体绝缘或树脂浸渍纸质	
外绝缘类型		瓷的或复合的	
标称爬电比距	mm/kV		
绝缘子伞裙形状		普通的或交替的	
额定短时工频耐受电压(U_d)	kV	与 GIS 一致或者特殊的	
额定操作冲击耐受电压(U_s)	kV	与 GIS 一致或者特殊的	
额定雷电冲击耐受电压(U_p)	kV	与 GIS 一致或者特殊的	
悬臂试验负载	N		
悬臂运行负载	N		
线路端子类型		根据图样	

B.9 电缆连接

GB/T 22381—2017 的第 7 章适用,并做如下补充:

表 B.6 给出了关于电缆连接的技术资料的补充示例。

表 B.6 电缆连接

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
电缆类型		充流体的或干式	

B.10 变压器连接

GB/T 22382—2017 的第 7 章适用,并做如下补充:

表 B.7 给出了关于变压器连接的技术资料的补充示例。

表 B.7 变压器连接

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
变压器箱体和 GIS 外壳间的绝缘连接		是或否	

B.11 电流互感器

GB/T 20840.8—2007 的第 10 章适用,并做如下补充:

表 B.8 给出了关于电流互感器的技术资料的补充示例。

表 B.8 电流互感器

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
电流互感器的位置		根据单个线路	
线圈的数量和类型		根据单个线路	

B.12 电压互感器

GB/T 20840.7—2007 的第 11 章适用,并做如下补充:

表 B.9 给出了关于电压互感器的技术资料的补充示例。

表 B.9 电压互感器

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
电压互感器的位置		根据单个线路	
二次线圈的数量和类型		根据单个线路	
现场试验电压	kV/Hz	供应方的信息	

B.13 询问单和标书资料

GB/T 11022—2011 的 10.2 适用,并做如下补充:

表 B.10 给出了关于询问单和标书的资料的补充示例。

表 B.10 询问单和标书资料

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
单线图			
在维护、修理、扩展和现场试验时的运行连续性要求			

表 B.10 (续)

项目	单位	用户的要求	供应方的提议
变电站布置的总的布置图			
基础载荷		供应方的信息	
气体原理图		供应方的信息	
型式试验报告清单		供应方的信息	
推荐的备品备件清单		供应方的信息	
GIS 接口图(在后续扩展的情况下)			

附 录 C
(资料性附录)
运行连续性

C.1 概述

本附录给出了与变电站设计相关的 GIS 运行连续性或可用性信息。系统的运行连续性需求不仅通过单线图的选择,还通过馈电顺序和组件的物理布置来满足。首要考虑的是由于维护、故障后修理或扩展造成的变电站损失(部分或全部)。变电站的可用性宜考虑可靠性、资产性能和断电频率及持续时间。

对于 GIS 来说,其划分充气隔室的方式是影响运行连续性的额外因素。

考虑到 GIS 变电站设计的特殊性,及这种变电站的可用性对电网具有的战略意义,本附录对运行连续性要求提出建议。并通过对一个双母线系统案例的分析,举例说明了这一点。分析总结在表 C.1 中给出。

某些布置可通过减少故障发生和修复的间隔时间,或减少维修时停止运行的组件数量来增加变电站的可用性。

所选的设计宜在设备成本与变电站在用户网络中的关键度之间达成一种适当的平衡。

虽然备件和熟练的工作人员的可性对变电站可用性也有影响,但本附录对维护策略问题不做讨论。

C.2 运行连续性要求

单线图反映了系统规划网络所需的必要功能和额定功率。由于单线图对 GIS 设计具有重大影响,在优化单线图的过程中可考虑维护、修理和扩展等方面及其对运行连续性的影响。

根据新变电站(发电和输变电)的特定用途及其所在网络中的战略位置,断电的影响可能是不同的。因此,除了基本信息外用户和制造厂还宜在投标时交换信息(见第 10 章),用户可在维护、维修及扩展时提出运行连续性要求。变电站每个部分的可用性类型都可是特定的且彼此不同的。例如下面给出的可用性要求的非限制性列表:

- a) 不准许断电:此项通常仅适用于较少的维护,例如目视检查;
- b) 允许运行灵活性的丧失:表示母线丧失、母线分段的丧失或馈线不丧失下的母联丧失;
- c) 允许馈线丧失:一个或多个馈线的丧失;
- d) 整个变电站的丧失:在没有该变电站的情况下,网络可暂时支持负载供电或电力传输。

宜规定操作灵活度、馈线和变电站丧失可接受的持续时间。

给出了一个运行连续性要求的示例及其案例分析。

注:馈线是 GIS 和网络之间的联接,例如架空线路、电缆、变压器、电抗器、电容器组等。

C.3 隔室划分对运行连续性的影响

对 GIS 和给定的开关布置来说,设备的充气隔室划分方式会影响运行连续性。显然,为了给一个隔室排气,此隔室及其所有组件有必要与系统分离。偶然地,有些工作如故障修复可能要移除一个充气隔室的隔板,并对多个隔室排气。此外,在某些情况下会禁止在相邻充气隔室加压的情况下工作。在这

种情况下,可降低相邻隔室的气压或采取其他安全措施。无论一个气压降低的含有隔离开关的充气隔室在什么位置,都宜由在变电站中其他位置上具有隔离距离耐受水平的隔离开关或其他设备提供隔离。

下面给出了 GIS 分隔方式影响运行连续性的示例。

在某些布置中,两个母线隔离开关仅由一个隔板分开。在图 C.1 中,移除 A 点充气隔室的隔板时宜将双母线变电站的两个母线都断电,并且在维修期间该母线段的全部馈线都丧失。

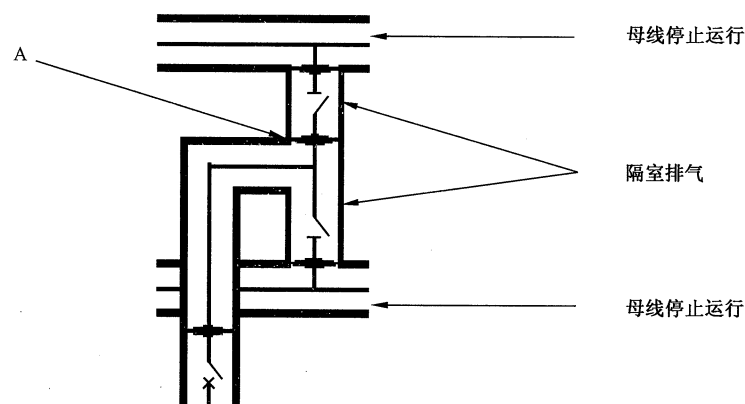
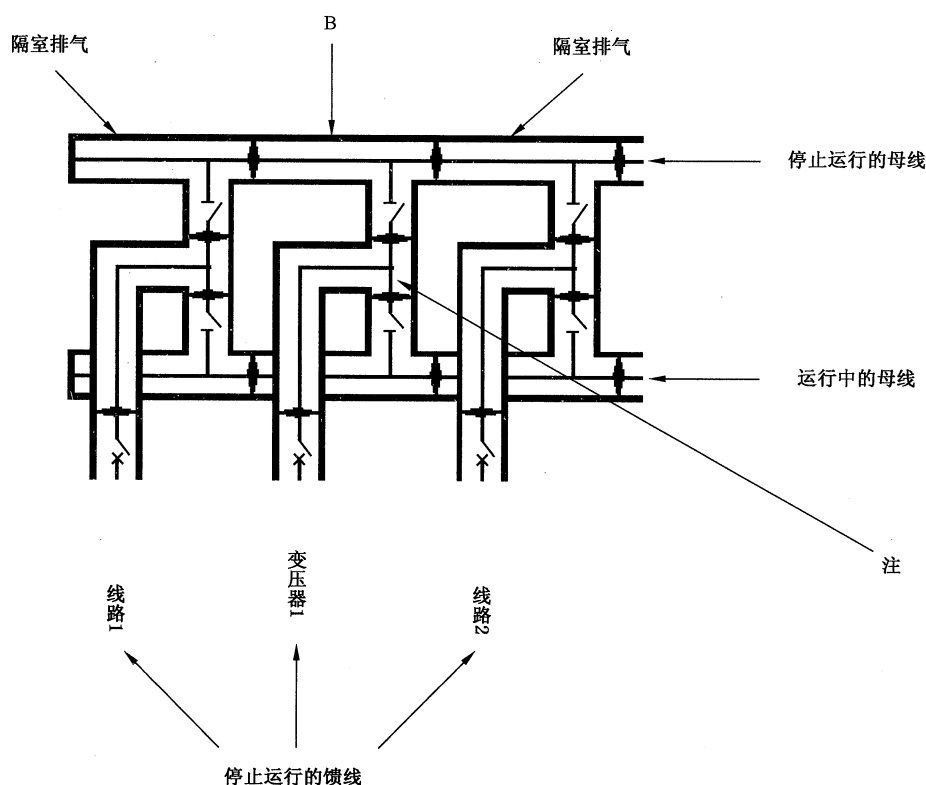


图 C.1 移除母线—隔离开关之间公用隔板的影响

图 C.2 中,移除 B 点的隔离开关及其隔板需要将相邻隔离开关的隔室排气。这会造成在维修期间相关馈线的丧失。



注: 若不准许在相邻隔板加压的情况下运行,第二母线可能也需断电。

图 C.2 GIS 分隔对运行连续性的影响

C.4 案例分析

C.4.1 概述

图 C.3 以一个双母线布置为例,说明了采用所示分隔方案时其运行连续性的各个方面情况。这些方面对所有单线和分隔方案都是普遍适用的。不同分隔方案可用来满足运行连续性要求,因此本案例分析中的示例仅作为示例而非标准。

示例中的变电站共有 6 个馈线、4 条线路和 2 个变压器馈线。母线用一个母线分段分开并与一个母联连接。将来的扩展计划在变电站的右侧。

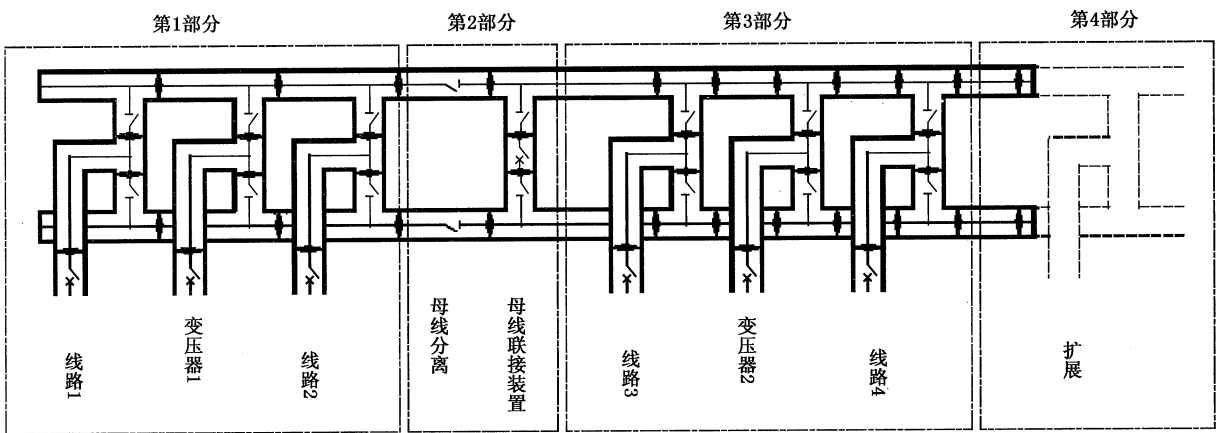


图 C.3 充气分隔方案单线图

此案例假设允许在相邻隔室加压的情况下运行。这里考虑了母线隔离开关的故障。

运行连续性不适用于其他设备维修时发生故障的情况,只考虑单一事件。GIS 分为 4 个部分,其中第 1 部分和第 3 部分的运行连续性要求不同,所以其分隔方式也不同。

影响 GIS 运行连续性的主要情况有:

- 维护;
- 故障后维修;
- 扩展;
- 现场绝缘试验。

后续的章条讨论了这些情况。

C.4.2 维护

维护包括检查和为应对设备正常磨损和老化而规划的活动。例如:

- 外观检查;
- 操动机构和监控系统测试;
- 更换断路器、隔离开关和接地开关的触头系统;
- 现场绝缘试验(如果适用)见 C.4.5。

这种维护活动会影响变电站的运行连续性。在我们的案例分析(图 C.3)中,对线路 1 的维护将仅影响线路 1 的可用性,而不影响其他的馈线的运行。

C.4.3 故障后维修

C.4.3.1 概述

- 以下活动通常在重大故障后实施或进行：
- 为恢复运行，即便只是部分运行，故障隔室的定位和隔离（在轻微故障，比如泄露的情况下，无需隔离整个故障隔室）；
 - 修理；
 - 现场绝缘试验（如果适用）见 C.4.5。

C.4.3.2 故障隔室的定位和隔离

- 通过适当的装置使保护系统动作后定位故障（见 6.102.3）；
- 通过操作开关设备或打开可移开的连接（见 3.4）来隔离故障隔室；
- 部分或全部恢复运行。

在案例分析中，第 1 部分里隔室 C 中的一个故障将仅影响馈线变压器 1 和一条母线。见图 C.4。

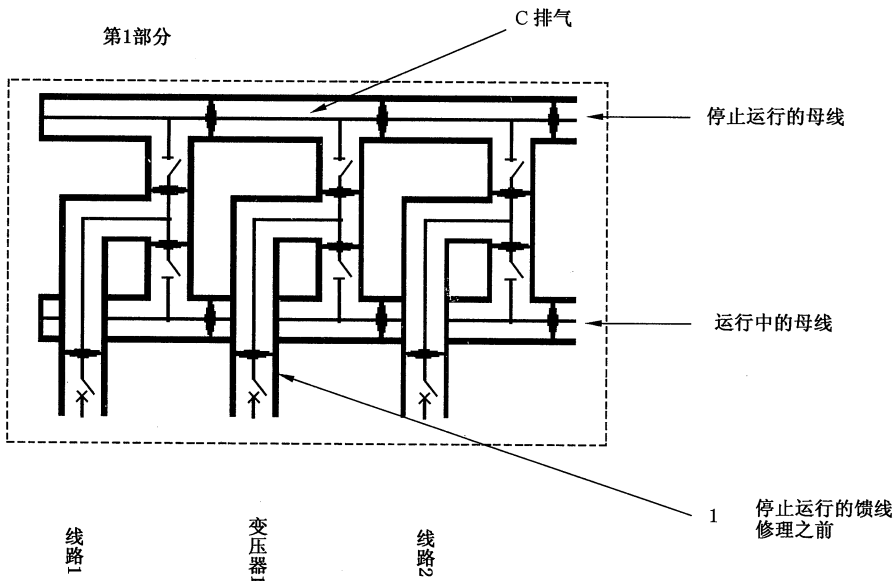


图 C.4 定位与隔离

C.4.3.3 维修

此案例中移除第 1 部分 C 点的隔离开关需要断开相邻馈线。见图 C.5。

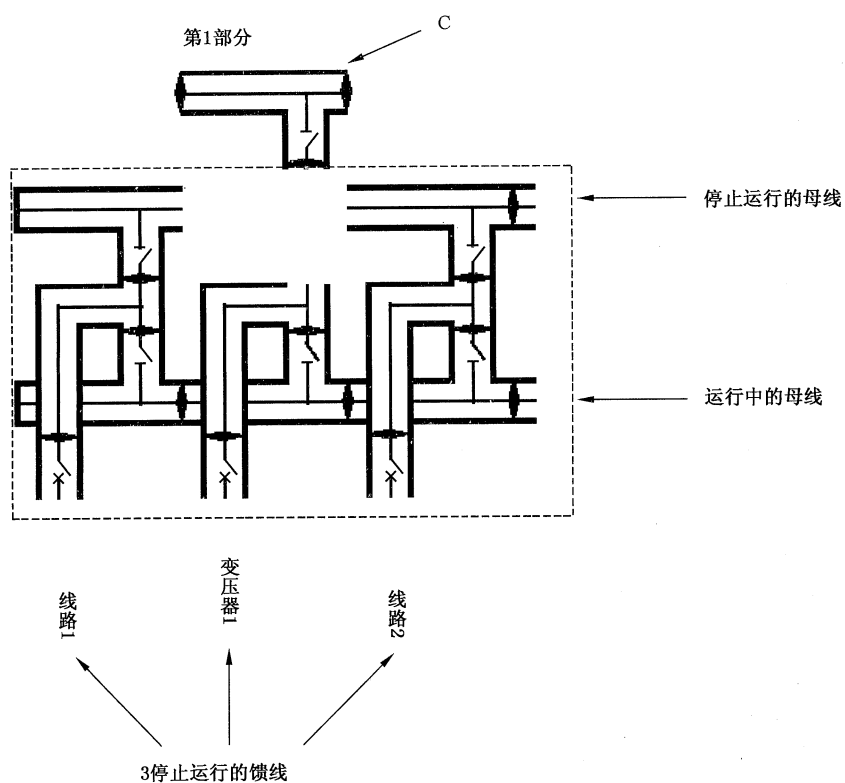


图 C.5 第 1 部分中母线隔离开关的移除

此案例中移除第 3 部分 D 点的隔离开关仅需断开故障馈线,不需断开相邻馈线。见图 C.6。

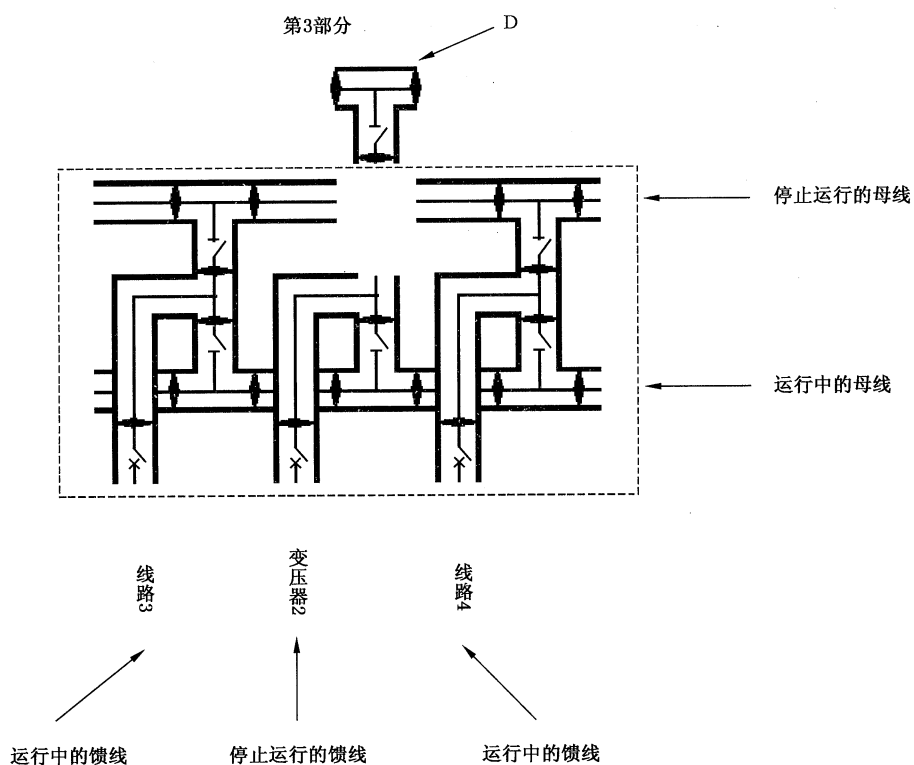


图 C.6 第 3 部分中母线隔离开关的移除

C.4.4 扩展

用户宜指定将来可能扩展的位置以便制造厂将分隔考虑进去。

扩展的现场绝缘试验可在连接到现有 GIS 之前或通过附加隔离连接到现有 GIS 上来分别进行试验。

在案例分析中将额外的母线隔室“F”安装在第 4 部分中。这就使得将来的扩展不会导致相邻馈线停止运转。见图 C.7。

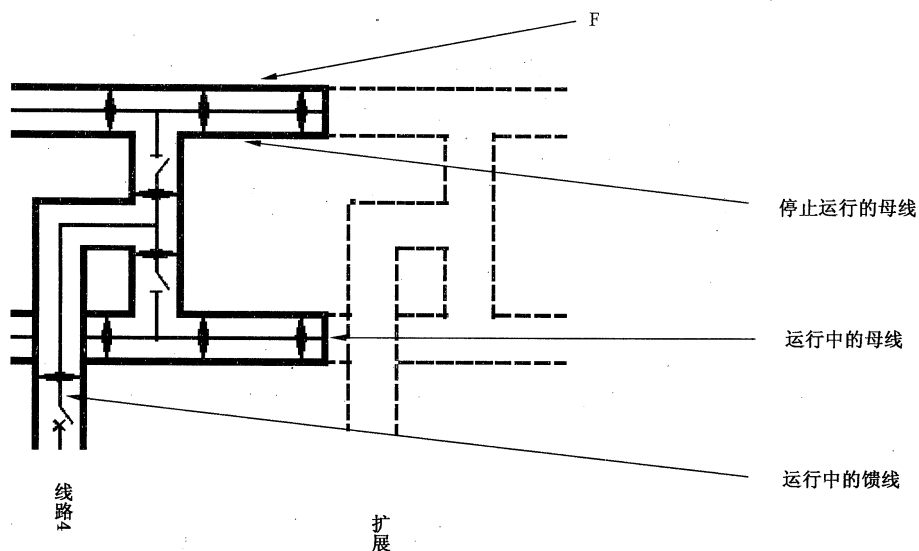


图 C.7 扩展

C.4.5 现场绝缘试验

在维护、故障后维修或扩展之后宜进行现场绝缘试验,试验程序宜依据 11.3.101.2.3。

例如在试验新安装的隔室“D”的案例分析中,新安装的隔室“D”就是通过“E”处的高压试验设备进行试验。试验结果是只有第 1 部分的 3 根馈线以及 1 条母线的 1 段还在运行。见图 C.8。

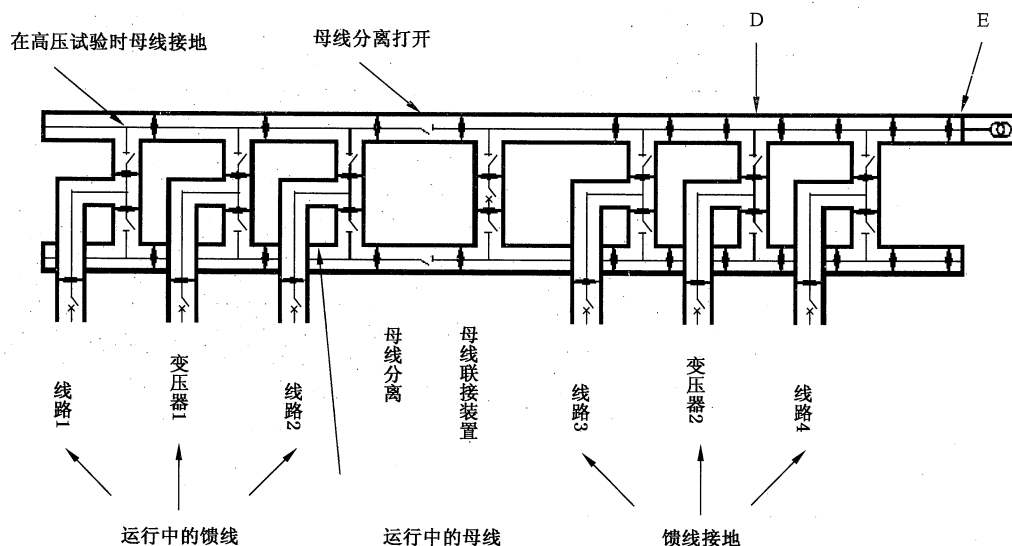


图 C.8 现场绝缘试验

C.5 用户对运行连续性的要求

用户有责任规定关于影响运行连续性的维护策略,并且制造厂有责任设计和定义分隔以满足用户需求。

运行连续性宜在设备成本和用户网络中变电站的关键性之间达成适当平衡。

用户可规定一些在维护、修理或扩展期间运行连续性的量化考核的总体说明。以如下总体说明为例:

- 在维护和修理期间至少要有 1 条线路和变压器馈线保持运行;
- 维护维修期间最多只允许 1 段母线和 1 段馈线停止运行;
- 扩展期间特定的馈线间有功率流。

用户可规定更加详细的运行连续性要求。表 C.1 在 GIS 案例分析的基础上给出了示例,可作为模板使用。

表 C.1 运行连续性示例

馈线或部分 变电站	维护 (C.4.2)		故障至修复 (C.4.3.2)		故障后修复或更换 母线隔离开关 (C.4.3.3)		绝缘强度试验 (C.4.5)		扩展 (C.4.4)	
	运行 连续性 ^a	可接受的 持续时间 ^b	运行 连续性 ^a	可接受的 持续时间 ^b	运行 连续性 ^a	可接受的 持续时间 ^b	运行 连续性 ^a	可接受的 持续时间 ^b	运行 连续性 ^a	可接受的 持续时间 ^b
线路 1										
变压器 1										
线路 2										
母线分离										
母联										
线路 3										
变压器 2										
线路 4										
扩展 “右”										
^a 具体的运行连续性要求由用户按照 C.2 的要求或按照 C.5 中的说明进行确定。										
^b 可接受的持续时间由用户提出。发生故障至修复所需时间因零部件情况,所使用工具,试验设备以及熟练的现场维修人员等因素不同而有所不同。如条件不足则持续时间可达数月。										

C.6 改善运行连续性的因素

为了达到运行连续性要求,可能考虑如下因素,包括:

- 单线图(母线数,馈线顺序,隔离开关的数量和位置等);
- 气体隔室:分隔,配置和设计,气体隔室数,额外的气体缓冲隔室;
- 额外的隔离连接;
- 接地开关和临时接地设施的位置;
- 元件的物理布置;
- 拆解设施;
- 隔板设计:设计是否允许相邻隔室在全压力下工作,另外工作条件和程序也宜予以考虑以免伤及人员或损坏隔板;
- 现场绝缘试验的规定(GIS 和界面);
- 需要维护或修理后开展现场绝缘试验;
- 未来扩展的规定:气体缓冲隔室,用于整个 GIS 不停电进行扩展的适当的隔离设施;
- 可用备件、工具和熟练的员工。

附录 D

(资料性附录)

内部故障相关的计算

充有 SF₆ 气体的封闭隔室中,因内部故障造成的压力升高可按公式(D.1)计算:

$$\Delta p = C_{\text{equ}} \times \frac{I_{\text{arc}} \times t_{\text{arc}}}{V_{\text{com}}} \dots\dots\dots (\text{D.1})$$

式中:

Δp ——升高的压力,单位为兆帕(MPa);

C_{equ} ——设备系数;

I_{arc} ——故障电弧电流(有效值),单位为千安(kA);

t_{arc} ——电弧持续时间,单位为秒(s);

V_{com} ——隔室的容积,单位为升(L)。

设备系数 C_{equ} 的数值由制造厂通过类似设备的试验来验证。

公式(D.1)可用来验证没有压力释放装置的充气隔室在内部故障情况下,外壳的压力不超过型式试验的压力。如果最大电弧电流和电弧持续时间(基于保护性能)引起的压力升高,不超过外壳型式试验压力,则外壳得到了这方面验证。

附录 E
(规范性附录)

范围 II 三极封闭的 GIS 的绝缘试验的试验程序

E.1 三极在一个 GIS 外壳内的绝缘试验程序

如果要求的极对地和极间的绝缘水平不同,按照 GB/T 11022—2011 的试验要求应重新予以考虑。这仅适用于范围 II 的操作冲击试验。

E.2 试验要求

为了完全满足所进行的试验,表 E.1 列出了与外壳、分开的开关装置和相间有关的试验条件。表中的符号与 GB/T 11022—2011(图 3)相同。

优选的方法是采用联合电压试验。要求的电压水平可通过与同一个电压控制器连接的,相位相反的两个电源提供。

表 E.1 252 kV 以上的操作冲击试验条件

试验条件	开关装置	操作冲击	工频交流电压	地连接到
极间试验		极间 U_s [表 3 的列(5)]的主要部分施加于	达到极间 U_s [表 3 的列(5)]的补充部分施加于	
1	合闸	Aa	BbCc	F
2	合闸	Bb	AaCc	F
3	合闸	Cc	AaBb	F
4	分闸	A	BC	abcF
5	分闸	B	AC	abcF
6	分闸	C	AB	abcF
7	分闸	a	bc	ABCF
8	分闸	b	ac	ABCF
9	分闸	c	ab	ABCF

注:如果两个边极相对于外壳和中间极是对称的,试验条件 3、6 和 9 可免去。

对于开合功能和隔离功能,在分闸状态应采用表 3 中相应的数值。

附录 F
(规范性附录)

内部故障电弧条件下气体绝缘金属封闭开关设备的试验方法

F.1 简介

由于内部故障在 GIS 内产生电弧并伴随着各种各样的物理现象。例如,因外壳内电弧的发展产生的能量会引起内部过压力和局部过热,导致开关设备机械的和热的应力,所涉及的材料可产生可能释放到大气中的热分解物。

本附录考虑了作用在外壳上的内部过压力以及电弧或其弧根对外壳的热效应,没有包括可能造成危险的所有效应,例如毒性气体。

F.2 短路电流电弧试验

F.2.1 试验布置

选择受试产品时,应参考 GIS 的设计文件,选择在出现电弧的情况下耐受压力和温升可能最差的隔室。

在任何情况下,应关注以下几点:

- a) 进行的每一试验均应在事先没有承受过电弧试验的试品上进行。进行过电弧试验的试品应恢复至即使再次进行电弧试验,试品状态既不偏严也不偏松。
- b) 试品应完全装配和布置并包括所有的保护装置,例如制造厂为了限制电弧效应提供的压力释放装置和短路装置等。
如果具有相同的容积和外部材料且在电弧耐受方面和原件具有相同的反应,则允许使用“制造模型”。
- c) 试品应充有额定充入密度的正常绝缘气体。

F.2.2 施加的电流和电压

F.2.2.1 概述

单极外壳应进行单相试验,三极共外壳应进行三相试验。

F.2.2.2 电压

如果满足下述条件,试验可在外施电压小于试品的额定电压的情况下进行:

- a) 实际的电弧电流是正弦的;
- b) 电弧不应过早熄灭。

F.2.2.3 电流

对于电流的交流分量和直流分量要求如下:

- a) 交流分量。试验开始的交流分量应在 $\pm 10\%$ 允差内。如果平均的交流分量不小于规定的短路电流,在第一段保护时间内,允差应为 $\pm 10\%$;在第二段保护时间内,电流不应降到规定值的 80% 以下。

注：如果试验站做不到这一点，试验持续时间可延长不超过所要求时间的 20%。

- b) 直流分量。选择的短路关合瞬间应保证电弧电流的第一个半波的峰值至少为规定的短路电流交流分量有效值的 2.5 倍。对于三相试验，要求至少在一相上实现。

F.2.2.4 频率

对于额定频率为 50 Hz 或 60 Hz，试验开始时的频率应在 48 Hz~62 Hz。

F.2.2.5 试验的持续时间

在由保护装置确定的预期持续时间的基础上选择的电流持续时间应能涵盖第二段保护。见表 4。

F.2.3 试验程序

F.2.3.1 试验连接

选择的电流馈入点应是最可能导致最严酷条件的点。

应注意保证连接不会使试验条件更轻松。通常，外壳应在试品的馈电侧的同一侧接地。

F.2.3.2 电弧的引燃

电弧应通过适当直径的金属线引燃。

电弧引燃点的选择是在外壳内最可能建立起额定应力的点。通常，可将远离电流馈入点以及远离压力释放装置的隔板(如果有)附近作为电弧引燃点。

注：电弧不宜通过在固体绝缘上打孔来引燃。

F.2.3.3 试验性能的测量和记录

应描绘和记录下述参数：

——电流及其持续时间；

——电弧电压；

——试品的一点或多点上的压力，以及如果试品包括多个隔室，每个隔室中的压力；

以及，适用时：

——压力释放(或者通过压力释放装置的动作或者外壳烧穿)的瞬间。

应通过适当的方法(例如摄像机或发光体探测器)观察和记录如压力释放、外壳烧穿等现象及外部效应。

F.2.4 试验的评估

试验期间，如果在 6.102.2 规定的时间内没有出现压力释放装置动作以外的外部效应，且如果逸出的压力气体或蒸汽朝向对正在履行其正常运行职责的运行人员危害最小，就认为开关设备通过了试验。

按照表 4，在第二段保护内没有产生碎片。

F.2.5 试验报告

试验报告中应给出下列信息：

——试品的额定值和描述，外壳和导体的材料以及说明主要尺寸和压力释放装置布置的图样；

——试验连接的布置，电弧的引燃点以及压力测量传感器的位置；

——从示波图上导出的电流、电压、能量、压力和时间；

——试验结果和观察的准确描述；

——其他相关注解；

——试验前后状态的照片。

F.2.6 试验结果的扩展

可通过计算将试验结果扩展到类似设计的不同尺寸及形状和/或其他试验参数的其他外壳。

F.3 计算和独立试验的组合验证

制造厂有责任证明试验结果对其他电流和外壳的其他尺寸延伸的有效性。制造厂应提供计算所需的所有资料。

附录 G

(规范性附录)

有关现场试验技术和实际要考虑的事项

G.1 试验电压发生器

GIS 设施的负载电容相对较高。这意味着：

- 工频电压试验,尤其对较高的 U_T ,需要较高的无功功率;
- 由于冲击发生器的电压利用率不高,用标准双指数波形的冲击电压试验效率可能较低。

可采用下述电压发生设备:

a) 工频电压源。工频电压可通过下述方法产生:

- 1) 试验变压器;
- 2) 具有恒定频率的可变化谐振电抗器;
- 3) 具有变频的、恒定的谐振电抗器;
- 4) 从试验后无须拆除的电力变压器或电压互感器低压侧励磁。

注:尤其在采用电压互感器时,宜考虑电压源的热应力。

b) 冲击电压源。对于大型设备,而且尤其是高电压的设备,双指数波形的冲击电压发生器是笨重的。利用冲击电压发生器和连接到受试开关设备的高压线圈组成阻尼的串联谐振回路可产生振荡的冲击。可通过电容器向电力变压器、电压互感器或试验变压器的低压侧放电来获得振荡操作冲击。

G.2 放电定位

放电引起的不同现象可能有助于放电定位。可尝试如下方法:

- 光发射的探测;
- 可听噪声和振动的测量;
- 放电后的电磁瞬态的记录和评估;
- 气体分解物的探测。

G.3 特殊试验程序

G.3.1 概述

通常,所有的试验都宜在规定的试验电压和气体额定充入密度下进行。但是,在某些情况下,出于技术和/或实际方面的原因的考虑,还需要建立特殊的试验程序,即使不是通用的。

对于扩展所需的绝缘试验(见 6.107.5),用户应对已有 GIS 中的所有闪络负责,扩展设备的制造厂对扩展设备中的所有闪络负责。

G.3.2 降低电压下的试验

G.3.2.1 不拆卸运输单元的简化方法

按照一些国家的实践,气体绝缘金属封闭开关设备或者至少一个间隔或 GIS 的等效部分可在工厂

完全装配,并在其全部额定耐受电压下试验。如果试验过的单元不拆卸运输或者拆卸仅限于非常简单的连接,根据制造厂和用户之间的协议,现场试验可降低到:

- 对于中性点接地系统,交流电压试验的电压为 $1.1 \times U_r / \sqrt{3}$;
- 对于中性点绝缘或谐振接地系统为 $1.9 \times U_r / \sqrt{3}$;
- 电压施加时间为 10 min。

G.3.2.2 实际需要的偏差

在某些情况下,由于技术和实际方面的原因,根据用户和制造厂之间的协议,交流电压试验可用降低的电压和延长的持续时间来进行。可按照 G.7 进行附加的局部放电检测。

G.3.2.3 运行电压的施加

在某些情况下,在现场进行绝缘试验是不可行的。在这种情况下,应对装卸、运输、储存采取特别的措施,尤其应注意现场的工作间。受试的 GIS 的运行电压应通过尽可能大的阻抗施加,以减小可能出现的破坏性放电对 GIS 造成的损坏。试验持续时间至少应为 30 min。

G.3.3 降低气体密度下的试验

降低气体密度下的试验通常是不可取的。

G.4 局部放电测量

局部放电测量有助于探测现场试验期间的某类故障,也有助于确定经过一段时间运行后设备是否需要维护。因此,它是现场进行的绝缘试验的一个有用的补充,但是,由于环境的干扰通常难以实施。

如果该试验是可行的且经过协商,则应尽可能按照 11.3.101.2.7 中给出的要求实施。

如果用户指定了 VHF/UHF 局部放电测量方法,推荐使用内部 PD 传感器。

G.5 电气调整

术语“电气调整”是指交流电压或者分步或者连续的逐步施加。它可由制造厂作为现场充气过程的一部分实施,以便把可能存在的粒子移向低电场强度的区域,此处它们是无害的。

除非试验电压提高到规定值,电气调整不是要求且不能替代交流电压试验。然而,破坏性放电应向用户报告,因为它可能导致绝缘弱化。

G.6 重复性试验

G.6.1 概述

现场绝缘试验期间的破坏性放电后补充的程序取决于下述因素:

- 如果能确定破坏性放电的类型(自恢复或非自恢复绝缘的击穿);
- 放电期间释放的电弧能量的大小;
- 固体绝缘的材料和形状;
- 设施的重要性。

考虑到这些和其他相关的因素,应允许在制造厂和用户之间确定一个程序并达成协议。下面给出的推荐程序仅作为导则对待。根据所涉及的因素的重要性,偏差是可接受的。

G.6.2 推荐的程序

G.6.2.1 程序 a

如果沿着固体绝缘的表面出现破坏性放电,推荐在合适的场合打开隔室并仔细检查损伤的绝缘。在采取相应补救措施之后,隔室应再次承受规定的绝缘试验。

G.6.2.2 程序 b

气体中的破坏性放电可能由于污染或元件表面有可被放电期间的电弧烧掉的缺陷,因此,可接受在规定的试验电压下重复试验。现场试验开始前,由用户和制造厂共同确定另一个试验电压。

注 1: 假定制造厂能使用户确信由于放电中电弧能量的消散而认为气体绝缘是自恢复绝缘。

注 2: 现场绝缘试验期间出现破坏性放电的情况下,试验段的其他部件可能出现二次放电。

如果重复性试验失败,应再次执行程序 a。

G.7 局部放电探测方法

G.7.1 概述

对于现场的局部放电探测,除了符合 GB/T 7354 的传统方法以外,电气的 VHF/UHF 和声学法可用于 GIS。这两种方法比传统的测量对噪声缺乏敏感性,而且可用于局部放电的在线监测。但是,对于这两种新方法,灵敏度取决于缺陷(信号源)和传感器之间的距离。采用 VHF/UHF 和声学法时,通过适当程序可发现缺陷引起的若干 pC 的明显放电,提出的灵敏度验证易于在现场实施。另外两种方法的优点是能探测到缺陷的位置。方法和对结果的说明仅供具有经验的人员使用。这些方法仍处于研究中且尚未标准化。

G.7.2 符合 GB/T 7354 的传统方法

来自无线发射机以及其他信号源的电磁干扰被敞开于空气中的套管捕捉,并导致 PD 测量的灵敏度在 10 pC 数量级。模拟和数字滤波法适用于测试噪声反射。然而,经过培训的人员才能使用此类滤波工具,且此类工具仅限于本程序。在实际的现场条件下,很难达到小于 5 pC 的噪声水平。因此,推荐采用具有屏蔽的耦合电容器的全封闭试验回路直接和 GIS 连接。在这种情况下,对于具有电缆终端的 GIS 以及通过分开的隔离开关与敞开空气中的套管隔离的 GIS 段,可获得小于 5 pC 的灵敏度。

G.7.3 VHF/UHF 法

在 GIS 缺陷处的放电电流的上升时间可小于 100 ps。这些缺陷引起的电磁瞬态过程具有 2 GHz 以上的频率。产生的信号在 GIS 内以 TEM-、TE-和 TM-波的形式光速传播,在 GIS 内的大量不连续点出现反射。由于金属导体有限的电导率以及介质表面的损耗,传播的信号是衰减的。结果是每个隔室内出现具有复杂谐振的电磁波。

在 VHF/UHF 范围(例如,100 MHz~2 GHz)内的局部放电信号,可通过和电容耦合器类似设计的耦合器在时域或频域探测到。由于 VHF/UHF 信号衰减的结果,很多耦合器应装在 GIS 内。两个相邻的耦合器之间的最大距离大约几十米。VHF/UHF 信号最好取自内部耦合器,但是,如果不可获得,有时也可在观察窗或衬套上使用外部耦合器。

由于谐振模式的复杂性,探测到的 PD 信号的幅值主要取决于缺陷和耦合器的位置,很少取决于它们的方向。因此,VHF/UHF 法不能在 GB/T 7354 的测量回路中予以校准。取而代之,可进行 G.7.5 中的灵敏度检查。

VHF/UHF 测量装置的信噪比和最终的灵敏度可通过采用合适的耦合器、放大器和滤波器来改善。已经证明 VHF/UHF 法至少在探测缺陷方面和传统方法一样灵敏,主要是因为低的外部噪声水平。实验室和现场试验表明可探测到小的关键性缺陷甚至非关键性缺陷。

缺陷的准确位置可采用宽带示波器测量信号到达相邻耦合器的时间间隔来确定。

G.7.4 声学法

声学信号(机械波)从 GIS 中的缺陷发射的主要机理有两个:运动粒子碰撞外壳时激发的机械波;固定缺陷上的放电在气体中产生压力波,然后传到外壳。由此产生的信号取决于信号源及传播路径。由于外壳通常由铝或钢制造,信号的衰减非常小。但是,当信号跨越法兰从一个部分传向另一部分时,就会有能量损耗。声学信号可通过外部安装的传感器捕捉。通常,可使用加速度传感器或声音发射传感器,试验程序包括所有法兰之间的测量。

可通过寻找具有最高幅值的声音信号或测量两个传感器的传播时间来发现缺陷的位置。通过分析声信号的形态可把不同的缺陷类型分开。

来自弹跳粒子的信号是宽频带(即大于 1 MHz)且与固定缺陷处的预击穿发出的信号相比具有较高的幅值。当粒子从源点移开,粒子型信号将出现空间性衰减。通常,对于此类缺陷,声信号的两个重要参数为:幅值和飞行时间(这是粒子的两个连续碰撞之间的时间)。这些参数不仅对缺陷类型识别重要,而且还对风险评估重要。

来自靠近电源的凸出物的预放电信号的频带非常宽,但是,由于气体起到了低通滤波器的作用,信号从源头向外壳传播时的高频被抑制。通常,从预放电源探测到的信号频率被限制到 100 kHz 以内,在同一段内的信号水平相当稳定,且经过一个法兰降低约 8 dB。

弹跳粒子产生的在 5 pC 范围的明显放电可探测到,具有高的信噪比。电晕放电的探测极限是在 2 pC 范围。因为声信号在 GIS 内传播被吸收和抑制,灵敏度随着距离而降低。但是,在明显的局部放电水平和声信号水平之间没有直接的对应关系。声信号测量不受变电站内电磁干扰的影响。如果传感器置于缺陷附近,弹跳粒子的声信号灵敏度通常远远高于任何其他诊断方法的灵敏度。因此,对于探测此类缺陷的位置,声学法是一个好方法。

G.7.5 声学法和 VHF/UHF 法的灵敏度验证

对于声学法和 VHF/UHF 法,采用相同技术原理进行局部放电探测的灵敏度验证。首先,确定人工声或电气脉冲,它发出的信号类似于实际缺陷引起的、符合 GB/T 7354 规定的明显电荷水平(5 pC 或更高)。其次,该人工信号在交接试验或运行期间引入到 GIS,来验证对 GIS 和相关的测量设备的探测灵敏度。如果在相邻的传感器测到了激发信号,则这些传感器间的 GIS 段的灵敏度验证成功。

参 考 文 献

- [1] GB/T 311.1—2012 绝缘配合 第1部分:定义、原则和规则(IEC 60071-1:2006,MOD)
 - [2] GB/T 1984—2014 高压交流断路器(IEC 62271-100:2008,MOD)
 - [3] GB/T 2900.8—2009 电工术语 绝缘子(IEC 60050-471:2007,IDT)
 - [4] 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)
 - [5] GB/T 20840.7—2007 互感器 第7部分:电子式电压互感器(IEC 60044-7:1999,MOD)
 - [6] GB/T 20840.8—2007 互感器 第8部分:电子式电流互感器(IEC 60044-8:2002,MOD)
 - [7] CIGRE Session 1998-WG 21/23/33-03 Assessment of the behaviour of gas-insulated electrical components in the presence of an internal arc
 - [8] CIGRE Technica Brochure 125:1998 User guide for the application of gas-insulated switchgear (GIS) for rated voltages of 72.5 kV and above
 - [9] CIGRE Technical Brochure 400:Technical requirements for substation exceeding 800 kV
 - [10] CIGRE Working Group A3.22 Technical requirements for substations exceeding 800 kV No.400 December 2009
 - [11] EN 61264:1998 Ceramic pressurized hollow insulators for high-voltage switchgear and controlgear
 - [12] Electra 183 (1999) PD detection system for GIS sensitivity for the UHF method and the acoustic method, by CIGRE TF15/33.03.05
 - [13] IEEE 1416:1998 IEEE recommended practice for the interface of new gas-insulated equipment in existing gas insulated substations
 - [14] IEEE C37.24:1986 IEEE guide for evaluating the effect of solar radiation on outdoor metal-enclosed switchgear
 - [15] IEEE C37.122.1:1993 IEEE guide for gas-insulated substations
 - [16] RGE:04/82 Electrical faults mastery in high voltage SF₆ insulated substations, by gilles bernard, EDF, France. Published in Générale de L'Electricité RGE 4/82, April 1982
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属
封闭开关设备
GB/T 7674—2020

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

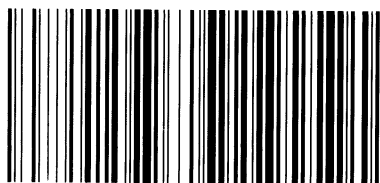
*

开本 880×1230 1/16 印张 4.75 字数 138 千字
2020 年 11 月第一版 2020 年 11 月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-66354 定价 63.00 元

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



GB/T 7674—2020