

ICS 29.130.10

K 43

备案号: 61599-2018

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 403 — 2017

代替 DL/T 403 — 2000

高压交流真空断路器

High-voltage alternating-current vacuum circuit-breaker

杭州高电

专业高试铸典范

Professional high voltage test

高压测量仪器智造 | 电力试验工程服务

2017-11-15 发布

2018-03-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	IV
1 概述	1
1.1 范围	1
1.2 规范性引用文件	1
2 正常和特殊使用条件	1
3 术语和定义	1
4 额定值	2
4.1 概述	2
4.2 额定电压 (U_r)	2
4.3 额定绝缘水平	2
4.4 额定频率 (f_r)	2
4.5 额定电流 (I_r) 和温升	2
4.6 额定短时耐受电流 (I_k)	2
4.7 额定峰值耐受电流 (I_p)	3
4.8 额定短路持续时间 (t_k)	3
4.9 分、合闸装置和辅助、控制回路的额定电源电压 (U_a)	3
4.10 分、合闸装置和辅助、控制回路的额定电源频率	3
4.11 绝缘、操作和/或开断用的压缩气源的额定压力	3
4.101 额定短路开断电流 (I_{sc})	3
4.102 与额定短路开断电流相关的瞬态恢复电压	3
4.103 额定短路关合电流	3
4.104 额定操作顺序	3
4.105 近区故障特性	3
4.106 额定失步关合和开断电流	3
4.107 额定容性开合电流	3
4.108 感性负载开合电流	3
4.109 额定时间参量	3
4.110 机械操作的次数	4
4.111 真空断路器按照电寿命的分类	4
5 设计与结构	4
5.1 断路器中液体的要求	4
5.2 断路器中气体的要求	4
5.3 断路器的接地	4
5.4 辅助和控制设备	4
5.5 动力操作	4
5.6 储能操作	4
5.7 不依赖人力的操作	4
5.8 脱扣器操作	4

DL / T 403 — 2017

5.9	低压力和高压力闭锁装置	4
5.10	铭牌	4
5.11	联锁装置	4
5.12	位置指示	4
5.13	外壳的防护等级	5
5.14	爬电距离	5
5.15	气体和真空的密封	5
5.16	液体的密封	5
5.17	易燃性	5
5.18	电磁兼容性 (EMC)	5
5.19	X 射线辐射	5
5.20	腐蚀	5
5.101	单合和单分操作时的极间同期性要求	5
5.102	操作的一般要求	5
5.103	操作用流体的压力极限	5
5.104	排逸孔	5
5.105	真空灭弧室	5
5.106	固封极柱 (适用时)	6
5.107	永磁操动机构 (适用时)	6
5.108	智能高压真空断路器 (适用时)	6
5.109	其他要求	6
6	型式试验	7
6.1	总则	7
6.2	绝缘试验	7
6.3	无线电干扰电压 (r.i.v.) 试验	8
6.4	主回路电阻测量	8
6.5	温升试验	8
6.6	短时耐受电流和峰值耐受电流试验	8
6.7	防护等级检验	8
6.8	密封试验	8
6.9	电磁兼容性 (EMC) 试验	9
6.10	辅助回路和控制回路的附加试验	9
6.11	真空灭弧室 X 射线试验程序	9
6.101	机械试验和环境试验	9
6.102	关合和开断试验的各项规定	9
6.103	短路关合和开断试验的试验回路	9
6.104	短路试验参数	9
6.105	短路试验程序	10
6.106	基本短路试验方式	10
6.107	临界电流试验	10
6.108	单相和异相接地故障试验	10
6.109	近区故障试验	10
6.110	失步关合和开断试验	10

6.111 容性电流开合试验	10
6.112 E2 级真空断路器关合和开断试验的特殊要求	10
7 出厂试验	10
7.1 概述	10
7.2 主回路的绝缘试验	10
7.3 辅助和控制回路的试验	10
7.4 主回路电阻测量	10
7.5 密封试验	10
7.6 设计和外观检查	10
7.7 机械操作和机械特性试验	11
7.8 气体湿度测量	11
8 真空断路器运行的选用导则	11
9 与询问单、标书和订单一起提供的资料	11
10 包装、运输、储存、安装、运行和维护规则	11
11 安全性	11
12 对环境的影响	11
附录 A (规范性附录) 智能高压真空断路器的补充技术要求	12
附录 B (规范性附录) 真空灭弧室的技术要求	17
附录 C (规范性附录) 固封极柱的技术要求	19

前 言

本标准是对 DL/T 403—2000《12kV~40.5kV 高压真空断路器订货技术条件》的全面修订。

本标准与 DL/T 403—2000 的主要差异：

——第 1 章 范围中为适应我国已有 126kV 及以下户外真空断路器生产的实际，将“额定电压 12kV~40.5kV”改为“额定电压 3.6kV 及以上”；

——增加了第 3 章“术语和定义”；

第 4 章 额定值（DL/T 403—2000 为第 4 章额定参数）：

- 1) 删除了表 1、表 2、表 3、表 4、表 5、表 6、表 7、表 8，要求见 DL/T 402—2016；
- 2) 增加了近区故障特性、额定时间参量等内容。

——第 5 章 设计与结构：

- 1) 增加了固封极柱的要求；
- 2) 增加了永磁机构的要求；
- 3) 增加了智能高压真空断路器的附加要求。

第 6 章 型式试验：

- 1) 增加了无线电干扰试验、密封试验、电磁兼容试验、严重冰冻条件下操作的验证试验、端子静负载试验、近区故障试验等试验；
- 2) 对额定电压 40.5kV 及以下产品，将“开合电缆充电电流试验”由协商试验改为强制性试验；
- 3) 删除了机械试验、温升试验、短时和峰值耐受电流试验、开断关合及电寿命试验、开断关合电容器组试验等项目的试验要求，要求见 DL/T 402—2016；
- 4) 增加了对具有智能化功能的真空断路器的补充型式试验要求；
- 5) 删除了淋雨试验，此要求已包含在 6.7 防护等级验证中；
- 6) 删除了真空灭弧室的环境试验及其他试验，真空灭弧室完整的型式试验可参照执行相关国家标准、行业标准要求。

——增加了下列附录：

- 1) 附录 A 智能高压真空断路器的补充技术要求；
- 2) 附录 B 真空灭弧室的技术要求；
- 3) 附录 C 固封极柱的技术要求。

本标准的章、节的编排顺序与 DL/T 593—2016 及 DL/T 402—2016 一致。

本标准实施后代替 DL/T 403—2000。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业高压开关设备及直流电源标准化技术委员会（DL/TC06）归口。

本标准负责起草单位：中国电力科学研究院。

本标准参加起草单位：华东电网有限公司、西安高压电器研究院、国网电力科学研究院、北京科锐配电自动化股份有限公司、ABB（中国）有限公司中压技术中心、机械工业高压电器产品质量检测中心（沈阳）、西安交通大学、厦门华电开关有限公司、天水长城开关厂有限公司、平高集团有限公司、国网天津市电力公司、国网湖北省电力公司电力科学研究院、陕西宝光真空电器股份有限公司、沈阳华利能源设备制造有限公司、华仪电器集团有限公司、库柏（宁波）电气有限公司、北京北开电气股份有限公司、施耐德电气（中国）有限公司、益和电气集团股份有限公司。

本标准主要起草人：王承玉、孔祥军、张振乾。

本标准参加起草人：宋杲、刘兆林、张重乐、陈荣、陈隽、颜丽萍、叶祖标、谢建波、杨英杰、雷小强、刘志远、马炳烈、游一民、阎关星、何广丽、张交锁、祝存春、刘成学、乔众、李政军。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——DL/T 403—1991；

——DL/T 403—2000。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。



高压交流真空断路器

1 概述

1.1 范围

DL/T 402—2016 中的 1.1 适用，并作如下补充：

本标准规定了额定电压 3.6kV 及以上、额定频率 50Hz 的高压交流真空断路器（以下简称真空断路器）的使用条件、额定值、设计与结构、型式试验、出厂试验、选用导则、运输与储存、安全性、对环境的影响等方面的通用要求。

1.2 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 2423.24—2013 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Sa：模拟地面上的太阳辐射及其试验导则

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 20840.7 互感器 第 7 部分：电子式电压互感器

GB/T 20840.8 互感器 第 8 部分：电子式电流互感器

GB/T 30846—2014 具有预定极间不同期操作高压交流断路器

DL/T 402—2016 高压交流断路器

DL/T 593—2016 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求

DL/T 860（所有部分）变电站通信网络和系统

IEC 61000-4-18:2011 电磁兼容性（EMC）第 4-18 部分：试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度（Electromagnetic Compatibility（EMC）-Part 4-18: Testing and measurement-Damped oscillatory wave immunity test）

2 正常和特殊使用条件

DL/T 593—2016 的第 2 章适用。

3 术语和定义

DL/T 402—2016 的第 3 章适用，并作如下补充。

3.101

允许储存期 permitted storage period

指真空断路器从制造厂出厂至真空断路器投入运行前其综合技术指标不符合其规定值的最短时间，在此期间，真空断路器应达到 DL/T 402—2016 和本标准以及产品企业标准（或技术条件）规定的各项技术指标。

注：真空断路器的允许储存期主要受控于真空灭弧室、控制器、结构件的锈蚀和老化。

3.102

反弹幅值 **opening rebound**

在分闸操作过程中，动触头由分闸位置向静触头方向运动的最大距离。

3.103

合闸弹跳 **closing bounce time**

从触头第一次接触开始到触头稳定接触时刻的时间。

3.104

超行程 **overtravel**

触头接触后产生闭合力的动触头部件继续运动的距离。

3.105

固封极柱 **embedded pole**

是指将真空灭弧室，或真空灭弧室、导电连接和/或端子用固体绝缘材料封装组成的独立部件。

3.106

永磁操动机构 **permanent magnetic actuator**

指通过对电磁线圈通电的方式，为断路器提供合闸功和/或分闸功，并在完成合闸和/或分闸操作后，依靠永磁体的磁力，使断路器稳定保持在合闸状态和/或分闸状态的操动机构。分闸状态的保持也可依靠分闸弹簧的拉力或压力。永磁操动机构主要由机构本体和控制器两部分组成。

3.107

智能高压真空断路器 **intelligent high-voltage vacuum circuit-breaker**

具有较高性能的高压真空断路器，配装有电子设备、变送器和执行器，不仅具有高压真空断路器的基本功能（如脱扣、合闸、位置指示、防跳跃、联锁、通信、动作计数器和 SF₆ 密度监测等），还具有附加功能，尤其在状态在线监测和诊断方面。

4 额定值

4.1 概述

DL/T 402—2016 的 4.1 适用。

4.2 额定电压 (U_r)

DL/T 402—2016 的 4.2 适用。

4.3 额定绝缘水平

DL/T 402—2016 的 4.3 适用。

4.4 额定频率 (f_r)

额定频率为 50Hz。

4.5 额定电流 (I_r) 和温升

DL/T 402—2016 的 4.5 适用。

4.6 额定短时耐受电流 (I_k)

DL/T 402—2016 的 4.6 适用。

4.7 额定峰值耐受电流 (I_p)

DL/T 402—2016 的 4.7 适用。

4.8 额定短路持续时间 (t_k)

DL/T 402—2016 的 4.8 适用。

4.9 分、合闸装置和辅助、控制回路的额定电源电压 (U_a)

DL/T 402—2016 的 4.9 适用。

4.10 分、合闸装置和辅助、控制回路的额定电源频率

DL/T 402—2016 的 4.10 适用。

4.11 绝缘、操作和/或开断用的压缩气源的额定压力

DL/T 402—2016 的 4.11 适用。

4.101 额定短路开断电流 (I_{sc})

DL/T 402—2016 的 4.101 适用。

4.102 与额定短路开断电流相关的瞬态恢复电压

DL/T 402—2016 的 4.102 适用。

4.103 额定短路关合电流

DL/T 402—2016 的 4.103 适用。

4.104 额定操作顺序

DL/T 402—2016 的 4.104 适用。

4.105 近区故障特性

DL/T 402—2016 的 4.105 适用。

4.106 额定失步关合和开断电流

DL/T 402—2016 的 4.106 适用。

4.107 额定容性开合电流

DL/T 402—2016 的 4.107 适用。

4.108 感性负载开合电流

DL/T 402—2016 的 4.108 适用。

4.109 额定时间参量

DL/T 402—2016 的 4.109 适用。

DL/T 403 — 2017

4.110 机械操作的次数

DL/T 402—2016 的 4.110 适用。

4.111 真空断路器按照电寿命的分类

DL/T 402—2016 的 4.111 适用。

5 设计与结构

5.1 断路器中液体的要求

DL/T 402—2016 的 5.1 适用。

5.2 断路器中气体的要求

DL/T 402—2016 的 5.2 适用。

5.3 断路器的接地

DL/T 402—2016 的 5.3 适用。

5.4 辅助和控制设备

DL/T 402—2016 的 5.4 适用。

5.5 动力操作

DL/T 402—2016 的 5.5 适用。

5.6 储能操作

DL/T 402—2016 的 5.6 适用。

5.7 不依赖人力的操作

DL/T 402—2016 的 5.7 适用。

5.8 脱扣器操作

DL/T 402—2016 的 5.8 适用。

5.9 低压力和高压力闭锁装置

DL/T 402—2016 的 5.9 适用。

5.10 铭牌

DL/T 402—2016 的 5.10 适用。

5.11 联锁装置

DL/T 402—2016 的 5.11 适用。

5.12 位置指示

DL/T 402—2016 的 5.12 适用。

5.13 外壳的防护等级

DL/T 402—2016 的 5.13 适用。

5.14 爬电距离

DL/T 402—2016 的 5.14 适用。

5.15 气体和真空的密封

DL/T 402—2016 的 5.15 适用。

5.16 液体的密封

DL/T 402—2016 的 5.16 适用。

5.17 易燃性

DL/T 402—2016 的 5.17 适用。

5.18 电磁兼容性 (EMC)

DL/T 402—2016 的 5.18 适用。

5.19 X 射线辐射

DL/T 593—2016 的 5.19 适用。

5.20 腐蚀

DL/T 593—2016 的 5.20 适用。

5.101 单合和单分操作时的极间同期性要求

DL/T 402—2016 的 5.101 适用。

5.102 操作的一般要求

DL/T 402—2016 的 5.102 适用。

5.103 操作用流体的压力极限

DL/T 402—2016 的 5.103 适用。

5.104 排逸孔

DL/T 402—2016 的 5.104 不适用。

5.105 真空灭弧室

真空灭弧室应符合下列要求：

- 真空断路器应配用指定型号的真空灭弧室，且真空灭弧室的型号应在产品企业标准（或技术条件）中规定，以保证断路器产品的设计性能；
- 用以装配真空断路器的真空灭弧室的技术要求见附录 B。

5.106 固封极柱（适用时）

固封极柱应符合下列要求：

- 固封式真空断路器应配用指定型号的固封极柱（配用指定型号的真空灭弧室），且固封极柱的型号应在产品企业标准（或技术条件）中规定；
- 用以装配真空断路器的固封极柱的技术要求见附录 C。

5.107 永磁操动机构（适用时）

5.107.1 永磁操动机构一般由机构本体和控制器两部分组成，分别如下：

- a) 机构本体一般由永磁体、电磁线圈、磁轭、动铁芯、分闸弹簧和驱动连接等零部件构成；
- b) 控制器一般包括电源和控制电路等，根据断路器的不同性能要求，还可能包括储能电容器、电池、各类传感器、显示器、数字接口等外围设施。

5.107.2 永磁操动机构应满足以下要求：

- a) 自检功能：应具备驱动电源的自检功能，及控制器的电子控制回路自检功能，并具备自检异常的报警及闭锁功能。
- b) 闭锁功能：检测驱动电源电压，当电压超出规定值时，具有闭锁分、合闸操作功能。
- c) 手动分闸功能：永磁机构应具备手动分闸操作功能，断路器分闸速度应满足其技术条件的要求。
- d) 对于电容器储能的永磁操动机构，如果储能电源中断，断路器应在产品技术条件规定的时间内能完成一个电动分闸操作。对于蓄电池供电永磁操动机构，断路器在停电 24h 内应能完成一次额定操作顺序的操作。
- e) 对于电容器储能的永磁操动机构，应带有放电装置。电容器的使用寿命应不低于 15 年。

5.108 智能高压真空断路器（适用时）

智能高压真空断路器的补充技术要求见附录 A。

5.109 其他要求

DL/T 402—2016 的 5.105 适用，并作如下补充。

5.109.1 指示

真空断路器应具备下列指示功能：

- 真空断路器应装设记录其操作次数的计数器；
- 应有相应的状态（如分闸、合闸、储能）指示；
- 对于使用蓄电池或储能电容作为操作能源的永磁操动机构，应对蓄电池或储能电容的储能状态给出指示。

5.109.2 主要机械特性

产品企业标准（或技术条件）应规定真空断路器的下列主要机械特性参数：

- a) 触头开距；
- b) 超行程；
- c) 机械行程特性曲线；
- d) 合闸弹跳；
- e) 合闸及分闸同期性；
- f) 反弹幅值；
- g) 合闸时间；

- h) 分闸时间;
- i) 配用真空灭弧室的相关参数:
 - 1) 触头开距;
 - 2) 触头自闭力;
 - 3) 触头反力;
 - 4) 额定触头压力;
 - 5) 额定触头压力下限时的回路电阻。

6 型式试验

6.1 总则

DL/T 402—2016 的 6.1 适用。

6.1.1 概述

DL/T 402—2016 的 6.1.1 适用; 并作如下补充:

高压真空断路器型式试验应满足以下要求, 具有智能化功能的断路器型式试验同时还应满足附录 A 的要求。

所有型式试验项目应配用同一制造厂、同一规格型号的灭弧室或固封极柱。

注: 用以装配真空断路器的真空灭弧室型式试验应满足附录 B 的要求, 用以装配真空断路器的固封极柱型式试验应满足附录 C 的要求。

6.1.2 试验的分组

DL/T 402—2016 的 6.1.2 适用。

6.1.3 确认试品用的资料

DL/T 402—2016 的 6.1.3 适用。

6.1.4 型式试验报告包含的资料

DL/T 402—2016 的 6.1.4 适用。

6.2 绝缘试验

6.2.1 概述

DL/T 402—2016 的 6.2.1 适用。

6.2.2 试验时的周围大气条件

DL/T 402—2016 的 6.2.2 适用。

6.2.3 湿试程序

DL/T 402—2016 的 6.2.3 适用。

6.2.4 绝缘试验时真空断路器的状态

DL/T 402—2016 的 6.2.4 适用。

DL/T 403 — 2017

6.2.5 通过试验的判据

DL/T 402—2016 的 6.2.5 适用。

6.2.6 试验电压的施加和试验条件

DL/T 402—2016 的 6.2.6 适用。

6.2.7 $U_r \leq 252\text{kV}$ 的断路器的试验

DL/T 402—2016 的 6.2.7 适用。

6.2.8 $U_r > 252\text{kV}$ 的断路器的试验

DL/T 402—2016 的 6.2.8 不适用。

6.2.9 人工污秽试验

DL/T 402—2016 的 6.2.9 适用。

6.2.10 局部放电试验

DL/T 402—2016 的 6.2.10 适用，并作如下补充：

完整的真空断路器一般不需要进行局部放电试验，但真空断路器采用的有机绝缘材料元件应进行局部放电试验，测量最大允许的局部放电量： 40.5kV 以下 $\leq 5\text{pC}$ ， 40.5kV 及以上 $\leq 10\text{pC}$ 。

6.2.11 辅助和控制回路的绝缘试验

DL/T 402—2016 的 6.2.11 适用。

6.2.12 作为状态检查的电压试验

DL/T 402—2016 的 6.2.12 适用。

6.3 无线电干扰电压 (r.i.v.) 试验

DL/T 402—2016 的 6.3 适用。

6.4 主回路电阻测量

DL/T 402—2016 的 6.4 适用。

6.5 温升试验

DL/T 402—2016 的 6.5 适用。

6.6 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

DL/T 402—2016 的 6.6 适用。

6.7 防护等级检验

DL/T 402—2016 的 6.7 适用。

6.8 密封试验

DL/T 402—2016 的 6.8 适用。

6.9 电磁兼容性 (EMC) 试验

DL/T 402—2016 的 6.9 适用, 并作如下补充:

- a) 静电放电抗扰度试验按 GB/T 17626.2 中规定的严酷等级 4 级进行;
- b) 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验按 GB/T 17626.4 中规定的严酷等级 4 级进行;
- c) 浪涌 (冲击) 抗扰度试验按 GB/T 17626.5 中规定的严酷等级 4 级进行;
- d) 阻尼振荡波抗扰度试验按 IEC 61000-4-18:2011 中规定的严酷等级 3 级 (输入频率为 1MHz 和 100kHz) 进行。

6.10 辅助回路和控制回路的附加试验

DL/T 402—2016 的 6.10 适用。

6.11 真空灭弧室 X 射线试验程序

DL/T 593—2016 的 6.11 适用。

6.101 机械试验和环境试验

6.101.1 机械试验和环境试验的各项规定

DL/T 402—2016 的 6.101.1 适用。对永磁操动机构, 机械特性试验做如下补充: 对永磁操动机构, 其手动分闸动作特性应在制造厂给出的偏差范围内。

6.101.2 常温下的机械操作试验

DL/T 402—2016 的 6.101.2 适用。

6.101.3 低温和高温试验

DL/T 402—2016 的 6.101.3 适用。

6.101.4 湿度试验

DL/T 402—2016 的 6.101.4 适用。

6.101.5 验证严重结冰条件下操作试验

DL/T 402—2016 的 6.101.5 适用。

6.101.6 端子静负载试验

DL/T 402—2016 的 6.101.6 适用。

6.102 关合和开断试验的各项规定

DL/T 402—2016 的 6.102 适用。

6.103 短路关合和开断试验的试验回路

DL/T 402—2016 的 6.103 适用。

6.104 短路试验参数

DL/T 402—2016 的 6.104 适用。

DL / T 403 — 2017

6.105 短路试验程序

DL/T 402—2016 的 6.105 适用。

6.106 基本短路试验方式

DL/T 402—2016 的 6.106 适用。

6.107 临界电流试验

DL/T 402—2016 的 6.107 适用。

6.108 单相和异相接地故障试验

DL/T 402—2016 的 6.108 适用。

6.109 近区故障试验

DL/T 402—2016 的 6.109 适用。

6.110 失步关合和开断试验

DL/T 402—2016 的 6.110 适用。

6.111 容性电流开合试验

DL/T 402—2016 的 6.111 适用。

6.112 E2 级真空断路器关合和开断试验的特殊要求

DL/T 402—2016 的 6.112 适用。

7 出厂试验

7.1 概述

DL/T 402—2016 的 7.1 适用。

7.2 主回路的绝缘试验

DL/T 402—2016 的 7.2 适用。

7.3 辅助和控制回路的试验

DL/T 402—2016 的 7.3 适用。

7.4 主回路电阻测量

DL/T 402—2016 的 7.4 适用。

7.5 密封试验

DL/T 402—2016 的 7.5 适用。

7.6 设计和外观检查

DL/T 402—2016 的 7.6 适用。

7.7 机械操作和机械特性试验

DL/T 402—2016 的 7.7 适用。

7.8 气体湿度测量

DL/T 402—2016 的 7.8 适用。

8 真空断路器运行的选用导则

DL/T 402—2016 的第 8 章适用，并作如下补充：对于真空断路器，由于触头开距很小，当用于金属封闭开关设备中时，一般不宜选用操动机构置于金属封闭开关设备外壳之外的分体式结构。

9 与询问单、标书和订单一起提供的资料

DL/T 402—2016 的第 9 章适用。

10 包装、运输、储存、安装、运行和维护规则

DL/T 402—2016 的第 10 章适用。

11 安全性

DL/T 402—2016 的第 11 章适用。

12 对环境的影响

DL/T 593—2016 的第 12 章适用。

附录 A

(规范性附录)

智能高压真空断路器的补充技术要求

A.1 术语和定义

A.1.1

智能电子装置 intelligent electronic device; IED

一个或多个处理器协同工作的装置，能够从一个外部源接收数据/控制或发送数据/控制到一个外部源，如电子多功能仪表、数字继电器、控制器等。

A.1.2

主 IED master IED

主要负责内部操作和保护信息集成处理，并与站控层系统进行信息交换的逻辑或物理 IED。

A.1.3

电子式互感器 electronic instrument transformer

一种装置，由连接到传输系统和二次转换器的一个或多个电流或电压传感器组成，用于传输正比于被测量的量，以供给测量仪器、仪表和继电保护或控制装置。

A.1.4

电子式电流互感器 electronic current transformer; ECT

一种电子式互感器，在正常使用条件下，其二次转换器的输出实质上正比于一次电流，且相位差在联结方向正确时接近于已知相位角。

A.1.5

电子式电压互感器 electronic voltage transformer; EVT

一种电子式互感器，在正常使用条件下，其二次电压实质上正比于一次电压，且相位差在联结方向正确时接近于已知相位角。

A.1.6

合并单元 merging unit; MU

电子式互感器的一个组件，用以对来自二次转换器的电流/电压数据进行时间相关组合。

A.1.7

调理单元 condition unit

能抑制传感器输出信号中包含的干扰信号和噪声信号，并获取有用信号的装置（如：对罗氏线圈输出的微分信号进行积分处理或放大有用信号）。

A.1.8

变送器 transducer

根据确定的法则，接收物理量形式的信息并将其转化成相同形式或其他物理量形式，便于传输或使用的装置。

A.1.9

传感器 sensor

变送器的一部分，把输入信号转化成适合于测量的形式。

智能高压真空断路器和控制设备的状态感知元件，用于将设备某一状态参量转变为可采集的信号。

传感器分为一体化布置和非一体化布置两种类型。

A.1.10

高压真空断路器控制器 high-voltage vacuum circuit-breaker controller
用以对高压真空断路器进行控制和监测的一种智能电子装置（IED）。

A.1.11

选相控制器 point-on-wave controller

与具有稳定分/合闸时间的分相动作断路器配合使用，使其在适当的施加电压相位下准确开合的电子装置，以减小瞬变电压电流对系统及负载的冲击和危害。

A.1.12

状态在线监测 on-line condition monitoring

实时测量高压真空断路器部分性能的一个或多个参量，并判断哪些参量不在其有效范围内。

A.2 技术要求

A.2.1 概述

智能高压真空断路器除满足相关的高压开关设备技术标准和规范外，还应满足以下技术要求：

智能高压真空断路器通过传感器和智能电子装置（IED）使其具备状态监测和诊断功能；传感器和 IED 是智能高压真空断路器不可分割的一部分，应与智能高压真空断路器一体化设计、试验。传感器和 IED 的设计安装不应降低真空断路器的性能。

推荐的智能高压真空断路器控制器的监测项目及状态在线监测系统的监测项目见表 A.1，对于具体类型的智能高压真空断路器按需要选择。

A.2.2 对电子式电流互感器（如果有）的要求

电子式电流互感器应符合 GB/T 20840.8 的有关规定。

电子式电流互感器配置原则如下：

- 电子式电流互感器由线圈（传感器）、调理单元和/或合并单元组成；
- 调理单元的接口符合 GB/T 20840.8 的要求；
- 合并单元的接口符合 GB/T 20840.8、DL/T 860 的要求。

A.2.3 对电子式电压互感器（如果有）的要求

电子式电压互感器应符合 GB/T 20840.7 的有关规定。

电子式电压互感器配置原则如下：

- 电子式电压互感器由传感器、调理单元和/或合并单元组成。
- 调理单元的接口符合 GB/T 20840.7 的要求。
- 合并单元的接口符合 GB/T 20840.7、DL/T 860 的要求。

A.2.4 对合并单元（如果有）的要求

合并单元与电子式互感器传感器之间没有硬同步信号时，合并单元应具备前端采样、处理和采样传输时延的补偿功能。

合并单元之间的同步性能应满足保护要求，采样的同步误差应不大于 $\pm 1\mu\text{s}$ 。

A.2.5 对选相控制器的要求（如果有）

见 GB/T 30846—2014。

表 A.1 监测项目表

序号	项 目	信号来源	备注
1	断路器合/分位置监测	位置开关	
2	断路器操作次数（客户可选择合闸计数或分闸计数）	继电器/位置开关	
3	断路器合/分闸线圈电流/电压波形监测	传感器	
4	断路器储能状态监测/未储能报警	位置开关	
5	断路器储能电机过流报警	继电器/小电流传感器	
6	断路器合/分故障报警（拒合、拒分）	位置开关	
7	断路器合/分位置错误报警（处于错误的合/分位置）	位置开关	
8	断路器机械特性监测	传感器	
9	断路器主回路电流/电压监测	传感器	
10	断路器运行状态触头温度/温升监测	传感器	
11	机械寿命报警	继电器	
12	环境温度、湿度	传感器	

A.2.6 断路器状态监测

A.2.6.1 技术指标

断路器状态监测可选择监测分、合闸线圈电流波形，行程—时间曲线，储能状态，运行状态，机械寿命等。断路器状态监测内容及技术要求见表 A.2。

表 A.2 断路器状态监测内容及技术要求

监测内容	获取参量	技术要求
分、合闸线圈电流波形	分、合闸线圈电流—时间曲线、时刻	完整记录分、合闸全过程 电流的测量误差不大于±2.5%
行程—时间曲线	分、合闸时间，行程-时间曲线、分、合闸速度，时刻	分、合闸时间的测量误差不大于 1ms 行程的测量误差不大于±2.5%
储能状态	储能电机电流、每次工作时间、时刻	电流的测量误差不大于±2.5% 时间的测量误差不大于 0.5s/次
运行状态	每次开断电流、累计开断电流、时刻	电流的测量误差不大于±2.5%
机械寿命	累计操作次数、时刻	准确度 100%

A.2.6.2 功能要求

数据的采样由分、合闸操作及储能电机启动事件驱动。

对表 2 项目中全部或部分监测内容，将监测结果信息根据预设条件报送主 IED。对异常告警信息应实时报送。

应在主智能数据处理模块存储断路器累计开断电流和机械操作次数。

A.2.7 主回路温度在线监测

A.2.7.1 技术指标

主回路温度在线监测内容包括各测温点的温度、高压真空断路器安装现场的环境温度。

监测系统的温度误差不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

温度采集端的温度信息（包括温度、温升和对应的时间）发送周期不大于 20min 并可设置。

A.2.7.2 功能要求

主回路温度在线监测应满足下列功能要求：

- a) 测温传感元件的安装应不降低高压真空断路器的性能。
- b) 各测温点的预报警温度值和极限报警温度值应可设置。
- c) 在监测温度超过预报警温度值和极限报警温度值时，应发出不同的告警信息，该信息包括与告警同步的温度信息。
- d) 当温度采集端采用电池供电工作时，应能监测电池电量，并提供电池低电量告警提示信号。
- e) 温度采集端采用无线射频技术发送信号时，频段应符合相关规定。
- f) 应保存报警信息和一定周期时间段的温度数据。
- g) 应具备数据发送和命令接收的通信接口。

A.3 型式试验和出厂试验

A.3.1 概述

对于智能高压真空断路器的传感器、IED 的试验应包括元件自身的试验和随智能高压真空断路器的整机试验。

传感器、IED 的自身试验包括元件型式试验和出厂试验。其型式试验、出厂试验应按照相关国家标准、行业标准、企业标准要求进行。

智能高压真空断路器的型式试验、出厂试验应在传感器、IED 等智能化元件全部组装在开关设备中后进行。

智能高压真空断路器应补充进行以下性能试验：

- a) 智能高压真空断路器各 IED 功能试验；
- b) 智能高压真空断路器的整体测试。

A.3.2 智能高压真空断路器各 IED 功能试验

应根据各 IED 的功能要求，进行功能试验，并符合 A.2 的相关要求。

A.3.3 智能高压真空断路器的整体测试

包括主 IED、断路器状态监测 IED、控制器等。要求如下：

- a) 试品另安装机械特性测试仪，其与断路器状态监测 IED 同时监测试品操作，操作顺序为 5 个分—合一分、5 个分、5 个合，每次操作断路器状态监测数据的误差符合 A.2.6 的要求。应进行断路器状态监测的机械特性监测数据与机械特性测试仪的测量数据比对试验，具体要求为：
 - 1) 机械特性的测量按 DL/T 402—2016 中 6.101.1.1 的规定。同时断路器状态监测 IED 应满足 A.2 的相关技术要求。
 - 2) 断路器机械特性监测数据和机械特性仪测量数据的比对误差不大于 $\pm 5\%$ 。
- b) 试品另安装温升测试仪，其与主回路温度监测 IED 同时监测主回路的温升，主回路温度监测数据误差符合 A.2.7 的要求。

应进行主回路温度监测的数据与温升测试仪测量数据比对试验，具体要求为：

- 1) 试验时，主回路温度监测 IED 应满足 A.2 相关技术要求。
- 2) 主回路温度监测数据和温升测试仪测量数据的比对误差不大于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

- c) 通信：由各分 IED 报送信息，主 IED 接收信息，操作重复 5 次，主 IED 每次正确接受信息，满足 A.2.6 要求；按照 DL/T 860 通信规约由主 IED 向上级系统发送信息 5 次，上级系统每次正确接收信息，满足 A.2.6 的要求。
- d) 报警功能测试：调整智能化断路器状态使各状态监测元件发出异常信息，主 IED 可按产品要求发出正确的响应信息，该测试不少于 2 次，满足 A.2.6 的要求。

附录 B (规范性附录)

真空灭弧室的技术要求

B.1 术语和定义

B.1.1

触头自闭力 **contact force at the free state**

真空灭弧室内外气压差及波纹管弹性变形所产生的使动、静触头保持闭合状态的力。

B.1.2

触头反力 **contact force at the specified clearance**

在触头分离时，真空灭弧室内外气压差及波纹管弹性变形在动触头上产生的指向静触头的力。

B.1.3

触头压力 **contact force**

是指为了保证真空灭弧室达到其技术条件规定的参数，动、静触头之间所需的压紧力。

B.1.4

真空灭弧室外壳 **enclosure of a vacuum interruptor**

是指将动、静触头包裹其内，完成开合功能，起固定和绝缘作用的壳体。

B.2 技术要求

B.2.1 结构尺寸

真空灭弧室的外形尺寸、安装尺寸及内部形位关系应符合按规定程序审批的图样的要求。

B.2.2 外壳

外壳应满足下列要求：

- 真空灭弧室的玻璃外壳不应有裂痕及失透现象，也不应有影响性能的气泡、划痕和砂点；
- 真空灭弧室的陶瓷外壳不允许有超过规定的斑点、裂纹等缺陷，其表面的釉层（如果有）应均匀、光滑；
- 真空灭弧室的外壳应有足够的机械强度；
- 外壳的金属部分不应有锈蚀。

B.2.3 防护

真空灭弧室应满足下列防护要求：

- 有锈蚀可能的外部非导电金属表面应有均匀、牢固的防锈涂层；
- 排气管（如果有）上应有防止封离口受损伤的保护装置；
- 真空灭弧室内不应有异物。

B.2.4 密封

真空灭弧室应满足下列密封要求：

- 真空灭弧室出厂时的内部气体压力应低于 $1.33 \times 10^{-3} \text{Pa}$ ；

—真空灭弧室的允许储存期为 20 年。在允许储存期内，真空灭弧室内部气体压力应低于 $6.6 \times 10^{-2} \text{Pa}$ 。

B.2.5 真空灭弧室的外部绝缘介质

若真空灭弧室安装使用于液体、压力气体或固体绝缘等介质中，则应在产品企标或技术条件中规定对相应介质的相关要求。

B.2.6 机械特性与机械参数

真空灭弧室的主要机械特性和机械参数由产品技术条件规定，其主要机械特性和机械参数应包括下列内容：

- a) 触头开距，mm；
- b) 触头自闭力，N；
- c) 触头反力，N；
- d) 额定触头压力下限时的回路电阻， $\mu\Omega$ ；
- e) 运动部分的质量，kg。

B.3 补充的型式试验和出厂试验

B.3.1 概述

真空灭弧室除装配在断路器上完成断路器的全部型式试验和出厂试验外，还应进行以下型式试验和出厂试验：

- a) 触头自闭力和触头反力测量；
- b) 额定触头压力下限时回路电阻的测量；
- c) 密封试验及允许储存期检查。

B.3.2 触头自闭力及触头反力测量

将真空灭弧室静端垂直固定在测试台上，用测力机测量触头刚分离时的力和达到触头开距时的力，其值即为触头自闭力和触头反力。

测量时若真空灭弧室动端向下拉，则测量值应加上运动部分的重力值，测量时若真空灭弧室动端向上拉，则测量值应减去运动部分的重力值，所得结果应符合技术条件的规定。型式试验试品为 6 个。

B.3.3 触头压力下限时的回路电阻测量

在动、静导电杆间施加额定触头压力下限值，测量真空灭弧室与相应开关设备主回路两连接点之间的回路电阻。型式试验试品为 3 个。

B.3.4 密封试验和允许储存期检查

真空灭弧室的密封试验及允许储存期检查推荐用磁控放电法。型式试验试品为 6 个。

附录 C (规范性附录) 固封极柱的技术要求

C.1 技术要求

C.1.1 概述

固封极柱应能承受机械的、电的和热的效应，其设计还应考虑温度、凝露、湿气、污秽等环境因素以及老化的影响，以保证设备的安全运行。

固封极柱在生产中，不应使真空灭弧室性能降低或性能丧失。

C.1.2 结构尺寸

固封极柱的外形尺寸、安装尺寸及内部形位关系应符合按规定程序审批的图样的要求。

C.1.3 外壳

固封极柱的表面应平整光滑，固封极柱不应有降低电气和机械性能的疏松、杂质、气泡、气孔，不应有裂纹等缺陷。

户外产品应具有疏水性。

C.1.4 外绝缘介质

若固封极柱安装于液体、压力气体等介质中，则应在产品企业标准或技术条件中对相应介质规定相关要求。

C.2 补充的型式试验和出厂试验

C.2.1 概述

固封极柱除装配在断路器上完成断路器的全部型式试验和出厂试验外，还应进行以下型式试验和出厂试验：

- a) 模拟地面上的太阳辐射试验（适用时，仅型式试验）；
- b) 热稳定性试验（仅型式试验）；
- c) 真空灭弧室的额定触头压力下限时的回路电阻测量；
- d) X射线检查（仅出厂试验）；
- e) 工频耐压试验；
- f) 局部放电试验。

C.2.2 模拟地面上的太阳辐射试验

GB/T 2423.24—2013 的试验程序 C 适用。

注：太阳辐射强度超过 $1.120\text{kW/m}^2 \pm 10\%$ 的，与使用厂协商确定。

C.2.3 热稳定性试验

制造商应提供使用的绝缘材料的稳定性不会受电压和热效应影响的证据。

DL/T 403—2017

这个证据可以在可比较结构进行的试验的基础上，在绝缘材料的性能（介质损耗作为温度的函数）的基础上给出，或通过对固封极柱进行热稳定性试验来给出。

热稳定性试验是在 DL/T 593—2016 的表 3 规定的最高温度限值下，在工频电压为 180% 的额定电压持续时间为 100h 下进行。

主回路应该由一个接地的电源供电，对于三相开关设备使用一个具有中性点接地的三相电源。接地导体和接地的任何金属部件应与地相连。

注：该试验可以和温升试验分开进行，在温升试验期间的最高温升提高 40℃ 的温度下进行。

如果没有破坏性放电发生，则认为固封极柱通过了试验。

C.2.4 真空灭弧室的额定触头压力下限回路电阻的测量

在动、静导电杆间施加额定触头压力下限值，测量真空灭弧室与相应开关设备主回路两连接点之间的回路电阻。

C.2.5 X 射线检查

X 射线检查应满足下列要求：

- 对固封极柱进行 X 射线检查，在不同绝缘材料之间不应存在气泡、气孔、裂纹等缺陷。
- 固封极柱进行 X 射线检查，真空灭弧室及其导电连接和/或端子相对位置在影像上不应存在肉眼可见的异常变形等。

C.2.6 工频耐压试验

DL/T 402—2016 的 6.2.7.2 适用。

C.2.7 局部放电试验

DL/T 402—2016 的 6.2.10 适用，并作如下补充：

测量最大允许的局部放电量：40.5kV 以下 $\leq 5\text{pC}$ ，40.5kV 及以上 $\leq 10\text{pC}$ 。
