

前 言

本标准是根据国家经济贸易委员会 1999 年度电力行业标准制、修订计划项目的安排修订，以原 SD 317—89《10kV 交流自动重合器订货技术条件》为基础。

高压交流自动重合器是配电自动化开关设备之一，在配电系统自动化中应用日益广泛。它与自动分段器配合可实现线路故障的自动判别、隔离，恢复非故障区段的供电。因此它的性能、试验验证方法受到越来越多的关注。

国际上目前只有美国制定了交流自动重合器的国家标准。

在我国，原水电部于 1989 年制定了 SD 317—89《10kV 交流自动重合器订货技术条件》及原机械工业部发布 JB 7570—1994《交流高压自动重合器》，在当时主要参考 ANSI/IEEE C37.60 1981 美国国家标准《对交流系统柱上型、地面型、户内型、水下型电路自动重合器和故障断路器》的技术要求。前者一直沿用至今，已经 12 年了，在此期间，产品的技术水平得到了很大提高，在产品的种类、性能上都有了很大改进，标准的修订势在必行。

本标准修订于 2000 年，由电力行业高压开关设备标准化技术委员会提出，修订工作由中国电力科学研究院和北京科锐配电自动化股份有限公司负责，参加单位有中国华北电力集团公司、广东省电力公司、河北省电力公司、吉林省电力公司、清华大学、北京开关厂、天水长城开关厂、浙江华仪开关厂等。于 2001 年底完成修订工作。在修订中尽量尊重原标准和中国电力用户的要求，对其内容进行了适当修订与增减。

本标准由电力行业高压开关设备标准化技术委员会提出并归口。

本标准由中国电力科学研究院高压开关所和北京科锐配电自动化股份有限公司负责起草。

本标准主要起草人：张重乐、顾霓鸿、王承玉、袁大陆。

本标准由电力行业高压开关设备标准化技术委员会负责解释。

本标准自实施之日起替代 SD 317—89。

中华人民共和国电力行业标准

12kV 高压交流自动重合器技术条件 DL/T 813—2002

代替 SD 317—89

Specification for 12kV H. V. alternating current automatic circuit recloser

1 范围

本标准规定了户外三相 12kV 高压交流自动重合器的使用环境条件、术语、额定参数、设计和结构、型式试验、出厂试验、标志、包装、运输和贮存等内容。

本标准适用于额定电压 12kV，频率 50Hz 三相系统中的户外高压交流自动重合器。

本标准不适用于火灾、爆炸危险、化学腐蚀及剧烈振动等场所使用的重合器。

注：若无附加说明，本标准中“重合器”即为户外高压交流自动重合器。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 311.1—1997	高压输变电设备的绝缘配合
GB 1984—1989	交流高压断路器
GB 2423.10—1989	电工电子产品基本环境试验规程 试验 FC：振动（正弦）试验方法
GB/T 3309—1989	高压开关设备常温下的机械试验
GB 5273—1985	变压器、高压电器和套管的接线端子
GB 8905—1996	六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则
GB/T 11022—1999	高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
GB 11023—1989	高压开关设备六氟化硫气体密封试验导则
GB 11604—1989	高压电器设备无线电干扰测量方法
GB/T 17626.2—1998	电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3—1998	电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4—1998	电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
DL/T 402—1999	交流高压断路器订货技术条件
DL/T 593—1996	高压开关设备的共用订货技术导则

3 使用环境条件

正常使用和特殊使用条件见 DL/T 593 3.1.2 和 3.2。

4 术语

4.1 高压交流自动重合器 H.V. Alternating current automatic circuit recloser

能够按照预定的开断和重合顺序在交流线路中自动进行开断和重合操作，并在其后自动复位或闭锁的自具（不需要外加能源）控制保护功能的高压开关设备。

4.2 自动操作 Auto operation

仅靠自身控制装置自动完成预定顺序的操作。

4.3 单元操作 Unit operation

指重合器在一个开断操作后跟着进行一次合闸操作，但操作顺序中最后一个开断也视为一个单元操作。

4.4 瞬时分闸操作 Instantaneous opening operation

在重合器控制装置内部不作任何时延的分闸操作，亦称作快速操作。

4.5 延时分闸操作 Time-delay opening operation

在重合器控制装置内部经过预定时间延后才发出操作信号的分闸操作，亦称为慢速操作。

4.6 时间—电流特性曲线 Time-current characteristic curve

重合器的故障通流时间与开断电流之间的反时限关系曲线（典型曲线如图1所示）。

4.7 瞬时（快速）时间—电流曲线 Instantaneous (fast) time-current curve

在瞬时分闸操作时，以给定开断电流下故障通流时间最大值绘制的时间—电流曲线。一种产品只有一条。

4.8 延时（慢速）时间—电流曲线 Time-delay (slow) time-current curve

在延时分闸操作时，以给定开断电流下故障通流时间平均值绘制的时间—电流曲线。一种产品可以有多条。

4.9 合闸闭锁 Lock-out preventing closing

将重合器触头闭锁在分闸位置，无法实现合闸的功能。

4.10 分闸闭锁 Lock-out preventing opening

将重合器触头闭锁在合闸位置，无法实现分闸的功能。

4.11 重合间隔 Reclosing time interval

指重合器触头最后一相分离至下一次重合触头最先接触相之间的时间。

4.12 复位时间 Reset time

计时（数）系统返回至其初始状态所需的时间。

4.13 串联分闸重合器 Series opening recloser

靠超过规定值的主回路电流流过一个线圈提供打开主触头所需能量的重合器。

4.14 并联分闸重合器 Parallel opening recloser

在分闸控制装置和触头分离机构均不直接从主回路取得能量的情况下，由分闸控制装置释放某种储能装置将触头打开的重合器。

4.15 液压控制重合器 Hydraulic controlling recloser

利用液压控制时间、分闸、重合间隔和记录操作次数的重合器。

4.16 电子控制重合器 Electric controlling recloser

利用电子装置控制时间—电流特性、分闸电流、操作顺序和重合间隔的重合器。

4.17 最小启动电流 Minimum starting current

重合器可靠启动实现开断的主回路最小电流值。

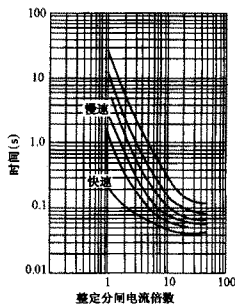


图1 典型时间—电流特性曲线

5 额定参数

额定电压；

额定绝缘水平；

额定频率；

额定电流；

额定最小启动电流；

额定短时耐受（热稳定）电流；
 额定峰值耐受（动稳定）电流；
 额定短路持续时间；
 额定短路开断电流；
 额定短路关合电流；
 额定操作电压；
 额定操作顺序；
 额定压力。

5.1 额定电压

12kV。

5.2 额定绝缘水平

对地、断口及相间绝缘应符合表 1 的规定。

表 1 额定绝缘耐压值

kV

额定电压	额定雷电冲击耐受电压（峰值）	1min 工频耐受电压	
		干	湿
12	75	42	30

5.3 额定频率

50Hz。

5.4 额定电流

400, 630, 800, 1250A。

5.5 额定最小启动电流

液压控制重合器的额定最小启动电流为串联线圈额定电流的 2 倍，允许有 $\pm 10\%$ 的误差。

电子控制重合器的最小启动电流可调，调整范围应满足技术条件的要求，误差不得大于 $\pm 10\%$ 。

5.6 额定短路开断电流

6.3, 8, 12.5, 16, 20kA。

额定短路开断电流的直流分量百分比一般由图 2 取值（时间常数为 45ms）。

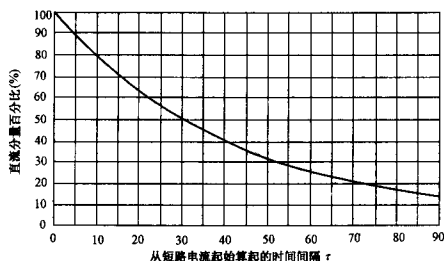


图 2 直流分量百分比与 τ 时间的关系（ τ 为一任一使用条件下，重合器在“分”或“合分”中可能的最小分闸时间加 0.01s）

5.7 额定短路关合电流

额定短路关合电流（峰值）为其额定短路开断电流交流分量有效值的 2.5 倍。

5.8 额定短路持续时间

2s 或 4s。

对装有串联分闸线圈的重合器，无需规定短路持续时间，但当重合器按照其额定操作顺序操作而分闸整定在最慢速时，在开断时间内，重合器应能连续 4 次通过额定短路开断电流。

5.9 额定短时耐受电流

额定短时耐受电流等于额定短路开断电流，见 5.6。

5.10 额定峰值耐受电流

额定峰值耐受电流等于额定短路关合电流，见 5.7。

5.11 额定操作顺序

重合器操作顺序为：

分— t_1 —合分— t_2 —合分— t_3 —合分—闭锁

其中 t_1 、 t_2 、 t_3 为重合间隔，在同一顺序中可以不相等。

在额定操作顺序中 t_1 、 t_2 、 t_3 应为各自所能调到的最小值，且其中至少不少于两次快分操作。

5.12 额定瞬时恢复电压

见 DL/T 402 表 2。

5.13 重合器参数配合

重合器优先采用的额定参数配合列于表 2。

表 2 重合器额定参数的配合

重合器类型	额定电流 A	额定短路开断电流 kA	短路电流单元操作次数				单元操作 总次数
			10%	30%	60%	100%	
1	2	3	4	5	6	7	8
油	200	3.15	8	8	12	10	38
	400	6.30	8	8	12	10	38
	400	8.00	8	4	12	10	34
	630	8.00	8	4	12	10	34
	630	10.00	8	4	12	10	34
六氟化硫	200	3.15	12	12	28	12	64
	400	6.30	12	12	28	12	64
	630	8.00	12	8	28	12	60
	630	10.00	12	8	28	12	60
	630	12.50	12	8	28	12	60
	630	16.00	12	8	28	12	60
	630	20.00	12	8	28	12	60
真空	400	6.30	12	12	50	20	94
	630	12.50	12	8	50	20	94
	630	16.00	12	8	50	20	94
	630	20.00	12	8	50	20	94
	1000	20.00	12	8	50	20	94

5.14 额定操作电压

重合器合闸线圈应在重合器额定电压 70% 以上可靠动作。

5.15 额定充气压力

六氟化硫重合器在额定环境条件下的正常工作压力由制造厂规定。

6 设计和结构

除应符合 DL/T 593 要求外，还应符合下列规定。

6.1 重合器基本分类

按表 3。

表 3 重合器基本分类

灭弧介质	油，真空，六氟化硫
安装地点	柱上，地面
控制方式	液压，电子

6.2 接地

采用 DL/T 593 中 5.3 的规定。

6.3 分合闸位置指示

除借助辅助开关指示分合闸位置之外，操动机构或重合器应有易于观察的表示重合器分、合闸位置的机械指示器。

6.4 标识

重合器应具有明显的电源侧或负荷侧标志。

6.5 互换性

按同一图样生产的部件，易损件和备品应具有互换性。

6.6 起吊

重合器箱体上部应设有便于起吊用的吊环或吊钩，其位置的设置应使提吊重合器时保持水平，并避免吊绳与其他部件（套管、操作手柄等）之间有摩擦接触。箱体应能方便地移开，便于检修。

6.7 各级的同期性要求

当各级的同步操作未作特殊要求时，合闸不同期不大于 10ms；分闸不同期不大于 5ms。

6.8 对二次回路的要求

重合器的二次回路设计应能抗电磁干扰。

凡带有电子控制装置的重合器均应进行电磁兼容性试验。

静电放电严酷等级要求按 GB/T 17626.2 第 5 章 3 级规定进行。

辐射电磁场严酷等级要求按 GB/T 17626.3 第 5 章 5 级规定进行。

电快速瞬变脉冲群严酷等级要求按 GB/T 17626.4 第 5 章 4 级规定进行。

6.9 对箱体的要求

箱体及其附属结构应以防锈蚀材料制成，或带有防腐面层。

箱体和辅助装置表面不应有可存水的凹坑。

箱体应带有便于安装在柱上或构架上的支撑、吊架或基础架。

箱体应有一定的密封性及机械强度。

6.10 计数器

重合器应设置指示动作总次数的计数器，计数器在运行状态下应易于观察。

6.11 对发热的要求

6.11.1 重合器在进行结构设计时，应充分考虑户外日照辐射、运行中接触电阻的增大和污秽等不利影响，温升应按 1.2 倍温升额定电流进行试验。

6.11.2 操动机构长期载流的各元件及附加设备（电热器除外）

在下列条件下长期通过电流的温升不应超过 GB/T 11022 中规定的数值：

a) 电磁铁和欠压脱扣器的线圈，当端子电压为最高电压时。

b) 电流互感器供电的过流脱扣线圈通过 220% 额定电流时。

6.11.3 操动机构中短时载流工作的各元件、附加设备，当周围空气温度不高于 +40℃ 时，在下列条件操作完毕的瞬时测量的温升，不应超过表 4 规定的数值：

a) 具有操作结束时能自动切断回路的装置，则在额定电压连续操作 10 次，每次操作的间隔不大于 2s。

b) 若没有操作结束时能自动切断回路的装置，则在额定电压下通电 15s。

表 4 操动机构短时载流元件温升允许值

序号	元件名称及其绝缘	短时工作允许温升 K
1	电磁铁的线圈其绝缘为 Y 级	50
2	电磁铁的线圈其绝缘为 A 级	60
3	电磁铁的线圈其绝缘为 E 级	80
4	电磁铁的线圈其绝缘为 B 级	90
5	电磁铁的线圈其绝缘为 F 级	115
6	电磁铁的线圈其绝缘为 H 级	140
7	C 级绝缘制件	>140
8	联锁触头和端钮的接触部分	40

6.12 对高压合闸线圈的绝缘要求

重合器高压合闸线圈应能承受冲击电压 60kV。对地绝缘应能承受工频电压 42kV 1min 和冲击电压 75kV。线圈局部放电应满足相应标准的要求。

6.13 对操作手柄的要求

6.13.1 手动操作手柄和单臂杠杆的长度不大于 350mm，转动角度应不大于 150°。

6.13.2 操动机构的操动工具运动方向应有明显的标志。

6.14 其他要求

6.14.1 重合器的操动机构本身应具有防跳跃性能。

6.14.2 操作手柄的操作孔应采取防尘、防潮、防水和防止异物进入的措施。

6.14.3 当合闸送电遇到短路故障断开后，重合器的设计必须保证不得自动重合。

6.15 对油重合器的附加要求

a) 重合器应充有符合相应标准或产品技术条件规定的油。

b) 重合器应具有注、放油以及抽取油样的装置。

c) 重合器应有安全阀（或其他排气通道）和易于观察的油位指示器。

d) 油重合器的排逸孔或安全阀的设置应使排油或排气时不致引起电击穿。排出方向应考虑不危及电气设备及人身安全，排逸孔应能防止异物进入。

6.16 对真空重合器的附加要求

a) 重合器所配真空灭弧室应符合相应标准要求。其真空灭弧室出厂后，在制造厂规定的贮存条件下，贮存期为 20 年，其真空度不应低于 6.66×10^{-2} Pa。

b) 真空重合器触头在最小接触行程下的接触压力，应在具体产品技术条件中作出规定。

c) 真空灭弧室以气体或油作外绝缘时，气体及油应符合相应的要求。

6.17 对六氟化硫重合器的附加要求

a) 六氟化硫气体的水分允许含量，不大于 150 μ L/L。

b) 六氟化硫气体年漏气率不大于 1%。

- c) 六氟化硫重合器应配备充、放气接头。
- d) 六氟化硫气体压力在上限和下限时, 宜有指示, 并在超过规定值时进行闭锁。

7 型式试验

7.1 型式试验准则

凡重合器在系统中运行时所能遇到的额定参数及技术要求都应进行试验验证。因此, 这些工作条件都应作为重合器型式试验内容。

进行型式试验的试品应与企业产品标准和图样相符。所有的型式试验结果, 均应记录在型式试验报告中, 报告中应包括足够的证据以证明是否符合本标准。

在下列情况下重合器应进行型式试验:

- a) 新产品;
- b) 转厂试制的产品;
- c) 当产品在设计、工艺或所使用的材料重要改变时, 应作相应的型式试验;
- d) 批量生产的产品每隔 8~10 年进行一次温升、机械试验、时间—电流特性及 100% 额定短路电流开断、关合试验。其他项目必要时也可进行。

重合器的型式试验可以在两台试品上分开进行。

7.2 型式试验项目

- a) 绝缘试验;
- b) 温升试验;
- c) 主回路电阻测量;
- d) 机械试验;
- e) 六氟化硫重合器的零表压下负荷电流开断及气体含水量测定;
- f) 最小启动电流试验;
- g) 时间—电流特性试验;
- h) 额定短时耐受电流及额定峰值耐受电流试验;
- i) 短路开断和关合试验;
- j) 密封试验;
- k) 淋雨试验;
- l) 控制装置的环境试验;
- m) 控制装置抗电磁干扰能力试验;
- n) 控制装置的振动试验。

7.3 试验的一般要求

7.3.1 试品的条件: 试验必须在该型号产品投入电网运行之前进行, 并应选用新的重合器作为试品。

7.3.2 试品的安装: 试品的安装方式应符合设计要求的正常运行条件, 若其正常带有控制、辅助装置, 则重合器必须带有这些装置进行试验。

7.3.3 试品的接地: 重合器及其控制装置的所有接地部位, 均应有一端子接地。

7.3.4 电源频率: 试验电源采用 50Hz ($\pm 5\%$) 正弦波。

7.4 绝缘试验

7.4.1 加压部位: 重合器的耐压试验加压部位按 DL/T 593 中 6.1 的规定。

7.4.2 雷电冲击耐压试验: 对重合器进行雷电冲击耐压试验时, 按照 GB/T 11022 的规定进行。高压合闸线圈两端按本标准 6.12 条规定值进行冲击耐压正、负极性各三次, 不应击穿闪络。

7.4.3 工频耐压试验按照 GB/T 11022 的规定。耐压值按本标准 5.2 表 1 规定。

7.4.4 在额定短路开断电流试验后 (按照规定的开断顺序和次数), 按表 1 的要求进行绝缘试验。在与

用户协商同意后，其冲击耐压值可降低为规定值的 80%。

7.4.5 六氟化硫重合器在零表压下对地及断口间应能承受其额定电压 5min。

7.4.6 操动机构和辅助回路应按 GB/T 11022 的规定承受 2000V 工频电压 1min 耐受试验。

7.5 温升试验

7.5.1 主回路的温升试验

重合器的温升试验按 6.11.1 和 DL/T 593—1996 的规定要求进行。但试验时的周围空气温度应不低于 +10℃。机械寿命试验前、后均应进行温升试验。

7.5.2 操动机构和辅助回路的温升试验

重合器机构载流部分和线圈的温升试验按 6.11 规定的要求进行。

7.6 主回路电阻的测量

重合器机械寿命试验前的温升试验前后在周围空气温度下所测得的主回路电阻之差值不得大于温升前测得值的 20%。机械寿命试验后温升试验前后主回路电阻应不超过技术条件规定。

7.7 机械试验

试验方法应符合 GB/T 3309 的有关规定。

7.7.1 试验条件

重合器应在合闸线圈两端施加额定、最高、最低操作电压和大于最小启动电流下进行机械试验。

7.7.2 对试品的要求

机械试验的试品应包括重合器本体及所有附属元件，且作为一个整体进行考核。试品操作控制电源的连接、介质状况应与运行条件相符。

7.7.3 机械特性试验

7.7.3.1 机械试验前后应记录的特性参数

机械试验前后应记录和检测的特性参数有：行程、超程、开距、合闸时间、分闸时间、分—合时间、分合闸不同期性、分合闸速度以及产品技术条件规定的其他需要测量的机械特性及参数。

7.7.3.2 重合器在机械试验中及试验后的要求

除应符合 GB/T 3309 有关规定外，重合器时间—电流特性应符合本标准有关规定，并应可靠自动和手动操作。

7.7.4 机械操作试验

机械操作试验的目的是检查产品在规定操作条件下的合闸、分闸和额定操作顺序的正确性。

机械操作试验按表 5 的规定进行。

表 5 机械操作试验

操 作 顺 序	操作电压	应执行的单元操作数
合— t_a —分— t_a	额定值 (12kV)	5
	中间值 (10kV)	5
	最低值 (8.4kV)	5
分— θ —合分— t_a —合	中间值	10
分— θ —合分— θ —合分— t_a —合	中间值	6
分— θ —合分— θ —合分— θ —合分— t_a —合	中间值	20

注：1 表中 t_a 为两次操作顺序之间的时间间隔，由产品技术条件规定。

2 θ 为产品技术条件规定的最小重合间隔。

3 合分操作时间由产品时间—电流特性决定。

7.7.5 机械稳定性试验

机械稳定性试验的目的是验证受试重合器在规定的机械特性及不更换零、部件条件下能否承受规定的分、合操作次数和考核产品机械操作的稳定性。

除符合 GB/T 3309 的有关要求外，还应符合以下规定。

重合器在常温下连续进行 2000 次单元操作的试验循环，试验中不允许对试品进行任何机械调整和修整。但允许按照制造厂产品安装使用说明书中规定部位，在二个规定的试验循环之间对试品进行润滑和试品外露部分紧固螺丝。试验中的重合器应调整到最大允许单元操作次数后闭锁，若重合间隔是可调的，应调到设计最短重合间隔。试验后按 7.7.3 进行检查，均应符合 GB/T 3309 及产品技术条件的规定。

对频繁操作的重合器和对六氟化硫重合器进行 5000 次或 3×2000 次单元操作，对真空重合器连续进行 5×2000 次单元操作。

重合器额定操作顺序按表 6 所示。

表 6 重合器机械稳定性试验的操作顺序和次数

重合器类型	操作顺序	操作电压	操作顺序次数	单元操作数
油	额定操作顺序	额定值	125	500
		中间值	250	1000
		最低值	125	500
六氟化硫	额定操作顺序	额定值	250 (3×125)	1000 (1500)
		中间值	750 (3×250)	3000 (3000)
		最低值	250 (3×125)	1000 (1500)
真空	额定操作顺序	额定值	5×125	2500
		中间值	5×250	5000
		最低值	5×125	2500

注：1 两次额定操作顺序之间时间间隔依照产品技术条件执行。

2 重合器若有远方控制辅助装置，可远方控单元操作，亦可动手进行单元操作。

7.8 六氟化硫重合器零表压下负荷开断、气体水分测量

7.8.1 零表压下额定负荷电流开断试验进行单分三次， $\cos\phi = 0.65 \sim 0.75$ 。

7.8.2 六氟化硫气体含水量测量的技术要求和测试方法分别按 GB8905 的规定。

7.9 最小启动电流试验

按 7.3 和以下规定进行试验时，重合器能以快速开断额定最小启动电流或各档最小启动电流（电子控制重合器）一次。其电流值允许有 $\pm 10\%$ 的误差。

7.9.1 试验回路

重合器应串接在低压交流电源电路（如图 3）。

7.9.2 试验程序

加压于准备作瞬时开断的重合器，使其产生一个小于 80% 预定最小启动电流值的初始电流，并迅速将其升压至 80% 最小启动电流。然后以一定的速度缓慢将电流升至额定最小启动电流，升流时间不得小于 10s。以同样的速度继续升流，直至从电流表上观察到重合器动作。记录下安培表显示的最大电流。

7.10 时间—电流特性试验

7.10.1 试验条件：时间—电流特性试验可与机械试验及开断试验同时进行。方法应按 7.3 和下列规定

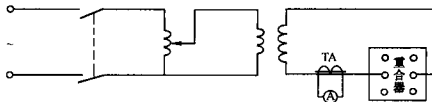


图3 最小启动电流试验电路

进行。

需采集数据的电流范围，以最小启动电流到额定短路开断电流。其间取样不小于6个，每个取样重复试验次数不少于6次，6次结果中时间偏差最大与最小值之比不得大于1.25。

具有液压计时器的重合器中的油温，应以 $20^{\circ}\text{C} (\pm 2^{\circ}\text{C})$ 为准。

7.10.2 试验程序，时间—电流特性试验按以下要求进行。

7.10.2.1 触头分离时间—电流特性试验：触头分离时间—电流特性试验在不大于重合器额定电压值的任何电压下进行。试验电路的配置，应保证通过重合器的电流恒定。

7.10.2.2 故障通流时间—电流特性试验：故障通流时间—电流特性数据应按以下方法之一测取。

- 在7.10.2.1中得到的触头分离时间上，加上燃弧时间，燃弧时间可以从开断试验中得到。
- 从开断试验的示波图上测取开断时间。

7.10.2.3 时间—电流特性试验中电流的测量，重合器时间—电流试验中测量电流按以下要求进行：

- 持续时间在1s以上的电流，可用标准安培表测量。
注：采用为防止指针摆动太大而调停的标准安培表，以提高测量的精度。
- 时间小于1s的电流，可用示波器或其他合适的仪表测量。含量直流分量的衰减交流分量，应折算为稳态条件，以便绘制时间曲线。

7.10.2.4 时间—电流特性试验中时间的测量，应按以下要求进行：

- 10s以上的时间，可用秒表、计时器或其他适当仪器。
- 1~10s的时间，可用同步计时器或其他适当仪器。
- 1s以下的时间，可用示波器或其他适当仪器。

7.10.2.5 标准时间—电流曲线数据的表示，试验结果应在对数—对数坐标纸上画出曲线。

- 重合器瞬时（快速）时间—电流曲线，应采用试验结果的最大值。
- 重合器延时（慢速）时间—电流曲线，应采用试验结果的平均值。同一电流下时间的最大偏差不得大于 $\pm 10\%$ 。

7.11 短时耐受电流和峰值耐受电流试验

重合器短时耐受电流和峰值耐受电流试验按GB/T 11022规定进行，并作以下补充：

如果重合器装有直接电流脱扣器，应该把重合器最小动作电流的线圈整定在最大电流和最大时限下进行试验；线圈应该接到试验回路的电源侧。如果重合器可以不带直接过流脱扣器使用，则应在不带直接过流脱扣器下进行试验。

7.12 短路开断和关合试验

7.12.1 总则

重合器应能自动关合和开断从最小启动电流下限到规定的额定短路开断电流之间的任何电流。重合器能在额定电压下关合和开断所规定的10%、30%、60%和100%额定三相短路开断电流。重合器还能在70%额定电压下至少关合一次70%额定短路关合电流。

此外，还应在新产品上进行一个操作顺序的异相接地故障电流开断试验。

7.12.2 试品的准备

重合器应与所配用的操动机构全部装在自身的或等价的支架上。油重合器应注入质量符合规定的油。油面高度处于油表的规定位置。六氟化硫重合器的六氟化硫气体质量应符合产品技术条件规定。试

验时，重合器的操作电压为额定电压及六氟化硫重合器充气压力应为规定的最低值。

重合器在试验前调整到允许的最大单元操作次数，并在闭锁之前，至少应包含一个瞬时开断和一个延时开断。如果重合器间隔是可调的，应调到重合器设计的最小重合间隔。

7.12.3 短路开断和关合试验回路

7.12.3.1 功率因数：试验的功率因数不大于 0.15。功率因数的确定见 GB1984。

7.12.3.2 频率偏差：重合器进行试验时频率偏差为 $\pm 5\%$ 。

7.12.3.3 试验回路接地：试验回路接地应符合 GB1984 的规定。

7.12.4 短路试验参数

7.12.4.1 短路开断和关合试验前的外加电压：重合器进行三相试验时，三相外加电压为各相间外加电压的平均值，且应不低于重合器额定电压的 90%，而各相的外加电压与平均值之差不得大于 5%，未经制造厂同意不得超出规定值的 10%。

7.12.4.2 开断电流：重合器所开断的短路电流应在触头分离瞬间进行测量。开断电流由各相开断电流交流分量有效值的平均值及各相中直流分量最大一相的直流分量百分数表示。三相试验中任一相电流交流分量有效值之差不得大于平均值的 10%。10%~60% 额定短路开断电流允许偏差为 $\pm 10\%$ ，100% 额定短路开断电流偏差为 $\pm 10\%$ 。

7.12.4.3 关合电流：短路关合电流以三相中最大一相的关合电流值表示，两次试验中至少有一次关合电流不低于额定值，另一次不低于 90% 额定值。

7.12.4.4 工频恢复电压：重合器进行三相试验时，工频恢复电压以各相触头间的工频电压有效值表示，其三相平均值不小于额定电压的 95%，在开断灭弧闭锁后要求保持工频恢复电压 3min，任一相工频恢复电压与平均值之差皆不得大于 20%。

注：利用电力系统进行试验时如受系统情况限制，工频恢复电压可允许适当降低，但不小于额定电压的 90%。

7.12.4.5 首相开断系数取 1.5。

7.12.4.6 瞬态恢复电压：重合器进行短路开断能力试验时，预期瞬态恢复电压应符合 5.12 的规定，试验中应尽可能记录实际瞬态恢复电压。

7.12.5 重合器在试验中的要求

在关合、开断试验中，重合器的油或气应从重合器专设排逸孔逸出，不应引起外闪，不允许喷火。在每个试验顺序过程中，不得进行任何修理、清理，也不得更换灭弧介质。

对于表 2 第 8 栏规定的操作，至少有二次应不少于额定短路开断电流下，按含有快速开断后跟着一个延时开断来进行。

在开断、关合试验后，重合器的断口间、相间和相对地的绝缘应承受原有的额定耐压水平。油重合器不允许严重喷油，开断后油位可见。

在短路开断与关合试验中，仅仅是因为调整欠当致使试验中拒动，允许重新调整，调整后重作该档试验。但在整个 10%~100% 的各项试验顺序中，这种补充性调整只允许进行一次。

7.12.6 开断和关合试验后重合器的状态

在完成全部开断试验后，瓷瓶及非易损件不得损坏；能自动或手动分、合、及 80% 工频耐压试验。有怀疑时复核温升试验，其性能应符合技术条件的规定，只是触头部位的温升允许比标准值超过 10K。

7.12.7 试验程序

电源应在重合器关合状态下施加，然后重合器进行开断、重合、直至闭锁。这一操作顺序重复进行，直至达到表 2 中第 4~7 列规定的单元操作次数。每一操作顺序均应作示波图记录。

7.12.8 低电压关合试验

重合器的高压合闸线圈应在 70% 额定电压下，进行关合试验，其中至少有一次关合电流值不低于额定短路关合电流（峰值）的 70% $\times$ 2.5 倍，试验后状况符合 7.12.6 要求。本试验也可在运行现场进

行。

7.12.9 异相接地故障电流开断试验

重合器应进行异相接地故障电流开断试验。试验电流为额定短路开断电流的 86.7% 试验电压为额定电压，按 5.11 进行一个操作顺序，预期瞬态恢复电压按 100% 容量一档的规定。

7.13 密封与淋雨试验

7.13.1 淋雨试验

重合器及其操作机构的淋雨试验，雨滴与水平成 45° ，雨量每分钟 $3\sim 10\text{mm}$ 。淋雨 24h 后重合器及其操作机构内部不应有进水痕迹，重合器（绝缘介质，绝缘件）的绝缘性能不应低于制造厂规定的水平。淋雨试验过程中，重合器应分合操作各 10 次（允许手动操作）。

7.13.2 密封试验

油、六氟化硫重合器，在充压到最高压力和规定的液面后，放置规定时间不得有渗漏现象。

机械稳定性试验后油重合器放置 24h 应无渗漏油。

按产品技术条件规定机械稳定性试验前后测量产品的漏气量不得超过规定值。六氟化硫气体密封试验方法按照 GB11023 的规定进行。

7.14 电磁兼容性试验

凡带有电子控制装置的重合器均应进行此项试验。

试验按 6.8 要求进行。

7.15 控制装置的环境试验

7.15.1 低温环境试验

装置在低温室内各表面与相应的室内壁之间的最小距离不小于 150mm。低温室的温度偏差不大于 $\pm 2\text{K}$ 。低温室以不超过 $1\text{K}/\text{min}$ 速度降温。待温度达到产品技术条件规定的最低周围环境温度，并稳定后开始计时。保温 2h，再将装置连续通电 2h（交、直流电压均为额定值），检查装置的各种功能应正常。然后将装置断电，以不超过 $1\text{K}/\text{min}$ 速度升温，待低温室内温度恢复到正常温度并稳定后，将装置取出低温室进行外观检查。

7.15.2 高温环境试验

装置在高温室内各表面与相应的室内壁之间的最小距离不小于 150mm，试验室的温差小于 $\pm 2\text{K}$ ，相对湿度不超过 50%。高温室以不超过 $1\text{K}/\text{min}$ 速度升温，待温度达到 $+45^\circ\text{C}$ ，（对重合器整体安装的控制装置高温按 $+70^\circ\text{C}$ 考核）并稳定后开始计时，保温 2h，再使装置连续通电 2h（交直流电压均为额定值），检查装置的各种功能应正常。然后将装置断电，以不超过 $1\text{K}/\text{min}$ 速度降温，待高温室内温度恢复到正常温度并稳定后，将装置取出高温室进行外观检查。

7.15.3 交变湿热环境试验

装置各表面与相应的室内壁最小距离不小于 150mm，试验室的温差小于 $\pm 2\text{K}$ ，相对湿度偏差不大于 $\pm 2\%$ 。凝结水不得滴落在试品上，试验室以不超过 $1\text{K}/\text{min}$ 速度升温，待温度达到 $+45^\circ\text{C}$ ，并稳定后，再加湿到 90%~95% 范围内，保持 48h。在试验过程最后 1~2h 内，按规定用相应电压的兆欧表测得绝缘电阻应符合要求。

试验后先把试验室内的相对湿度在 0.5h 内降到 $70\% \pm 3\%$ ，然后在 0.5h 内将试验室的温度恢复到正常温度（但温差应达到 DL/T 593 的要求）并稳定后，将装置取出试验室进行外观检查，其功能应正常。

7.16 控制装置的振动试验

为模拟运输颠簸，采用 GB 2423.10 试验方法。

8 出厂试验

8.1 出厂试验项目

每台产品必须经制造厂检验部门检验合格后并附有证明产品质量合格的测试数据或文件才能出厂，检验项目有：

- a) 结构检查；
- b) 操作性能校验；
- c) 机械特性及机械操作试验；
- d) 主回路电阻测量；
- e) 主回路工频耐压试验；
- f) 辅助回路工频耐压试验；
- g) 密封试验。

8.2 结构检查

产品及其全部零件应符合正式产品图样和技术要求。二次线图、控制和辅助装置的连接应正确无误。

8.3 操作性能校验

校验包括以下 5 个项目：

8.3.1 最小启动电流校验

液压控制重合器按重合器所配分闸线圈的所有规格进行校验；电子控制重合器应分别按照其所能调的全部档次予以校验，试验方法见 7.9。

8.3.2 时间—电流特性校验

液压控制重合器应对其所具备的各种时间—电流曲线予以校验；电子控制重合器则依据其所具备的不同时间系数下的时间—电流特性曲线进行校验。

试验电流至少应取 10%、30%、60%、100% 额定短路开断电流 4 点和最小启动电流。

试验方法见 7.9 规定。电子控制重合器允许用等价方法在控制器电流输入端施加相应电流。进行时间—电流特性校验，但必须考虑所配电流互感器的电流变比特性曲线。

8.3.3 操作顺序校验

重合器至少应进行两快两慢、一快三慢、两快一慢及快速单分、慢速单分功能的试验，试验电流可取最小启动电流的 1.5~2.0 倍。

8.3.4 远方操作特性

重合器如有远方操作，出厂前应进行远方操作特性校验。校验结果应满足产品安装使用说明的要求。

8.3.5 其他功能校验

当用户有要求时，制造厂也应提供如复位时间、重合间隔、接地保护、分闸闭锁、合闸闭锁等功能的校验报告，并应符合产品技术条件的要求。

8.4 机械特性及机械操作试验

机械特性应按 7.7.3 规定进行。机械操作按 7.7.4 的规定进行试验，试验结果并应符合产品技术条件规定。

在机械操作和机械特性试验中如有调整，则在调整后重复整个试验顺序。

8.5 主回路电阻测量

测量应在机械操作试验后进行，其方法按 GB/T 11022 的有关规定。其值应在技术条件要求的范围内。

8.6 主回路工频耐压试验

按 7.4.3 规定进行试验。

8.6 密封试验

按 7.13.2 的规定进行试验。

9 标志、包装、运输和贮存

9.1 标志

9.1.1 每台重合器上均应有铭牌标志，并注明以下内容：

- a) 重合器的型号、名称；
- b) 配用控制器的型号（仅对电子控制器）；
- c) 额定电压，kV；
- d) 额定频率，Hz；
- e) 额定电流，A；
- f) 额定最小启动电流（仅对液压控制重合器），A；
- g) 额定短路开断电流，kA；
- h) 额定操作顺序；
- i) 额定工作气压及最低工作气压（表压），MPa；
- j) 总质量、油量（SF₆重合器标明气体质量），kg；
- k) 制造厂名称或商标。
- l) 出厂编号；
- m) 制造年月；
- n) 执行标准号。

9.1.2 重合器的铭牌上或其他补充铭牌上应标出电流互感器分接头的电流比。对计量电流互感器还应标出精度和容量。

9.1.3 控制箱（对电子控制重合器）的铭牌至少应包括以下内容：

- a) 制造厂名称或商标；
- b) 产品型号名称；
- c) 电源电压，V；
- d) 重合器最小分闸电流整定范围；
- e) 质量，kg；
- f) 出厂编号；
- g) 制造年月；

9.2 包装、运输、贮存

9.2.1 重合器及其控制装置应有包装规范，并能保证重合器各类部件在运输过程中不致遭到脏污、损坏、变形、丢失及受潮。对于其中的绝缘部分及由有机绝缘材料制成的绝缘件应特别加以保护，以免损坏和受潮。对于外露的接触表面，应有预防腐蚀的措施。所有运输措施均应经过验证。

9.2.2 重合器的油箱及控制装置与大气相通的孔口，运输时应完全封闭。

9.2.3 重合器单独运输的零部件应有标志，以便于用户在安装时进行装配。

9.2.4 整体产品或分别运输的部件都要适合运输及装卸。

9.2.5 包装箱上应有在运输、保管过程中必须注意的明显标志和符号（如上部位置、易碎、怕雨、起吊位置等）。

9.2.6 出厂的每台重合器应附有产品合格证明书（包括出厂试验数据）、装箱单和安装使用说明书。

9.2.7 六氟化硫重合器在运输过程中应充以额定气压的气体。

9.2.8 制造厂应根据用户要求提供重合器的安装、调试、检修方法和相应的备品备件及专用工具。