

# 《高压直流输电系统换流阀阻尼吸收回路用电容器试验规范》

## 编制说明

（征求意见稿）

### 一、工作简况

#### 1 主要工作过程

起草（草案、调研）阶段：2022 年西安华超电力集团有限公司基于高压直流输电换流阀阻尼吸收回路用电容器的寿命评估及试验方法开展了换流阀阻尼吸收电容器的相关研究，并联合中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、许继电气股份有限公司开展了换流阀阻尼电容器国产化样机试制，并在 $\pm 500\text{kV}$ 牛寨换流站进行应用，基于样机研制及工程应用成果编制了高压直流输电系统换流阀阻尼吸收回路用电容器试验规范标准草案稿，并在 2023 年 7 月高压直流输电设备专题标准研讨会上进行了讨论并申请立项，2023 年 10 月申请并通过了中国电工学会团体标准的立项。

2023 年 1 月编制组邀请专家对标准草案稿进行审查，提出意见 5 条，采纳 5 条，并完成草案稿修改，形成初稿。

2024 年 5 月编制组邀请行业内科研院所、高校、生产企业等 13 家单位 20 位代表成立了标准项目工作组并于 6 月开展了第一次工作组会议。会上共计收集的工作组专家意见 50 余条，逐条对标准意见进行讨论，得出处理意见，共采纳和修改采纳意见 38 条，针对不采纳的意见，给出了理由，并完成了初稿修改，形成征集意见稿。

#### 2 主要参加单位和起草工作组成员及其所做的工作

本标准由西安华超电力集团有限公司、西安高压电器研究院股份有限公司、西安西电电力系统有限公司、许继电气股份有限公司、常州博瑞电力自动化设备有限公司、中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、国网经济技术研究院、上海交通大学、清华大学能源互联网创新研究院、合容电气股份有限公司、西安理工大学、四川大学电气工程学院、安徽航睿电子科技有限公司等单位参与，共同完成标准征求意见稿编制。

主要成员：周会高、戴永然、姜彦涛、张广泰、路伟、张瑞、郑劲、张亚非、

刘堃、张松、赵道德、王耀、同向前、周群、张腾、姚宁、顾志斌、袁静、谢桂泉、王江平、李亮、李超。

所做的工作：西安华超电力集团有限公司为标准牵头单位，参与换流阀阻尼吸收电容器研制，并联合中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、许继电气股份有限公司开展在换流站的工程应用，主导完成标准草案稿、初稿、征集意见稿的编制。西安高压电器研究院股份有限公司为标准参与单位，主要负责规范内相关试验的可行性研究并开展了换流阀工况下的热稳定、耐久性等试验。西安西电电力系统有限公司、常州博瑞电力自动化设备有限公司、国网经济技术研究院、上海交通大学、清华大学能源互联网创新研究院、合容电气股份有限公司、西安理工大学、四川大学电气工程学院、安徽航睿电子科技有限公司等参与单位，主要对初稿提出了修改意见。

## **二、标准编制原则和主要内容**

### **1、标准编制原则**

本文件是首次制定。编制遵循“统一性、协调性、适用性、一致性和规范性”的原则，按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》进行编制，并与相关标准协调统一。

### **2、标准主要内容**

本标准主要包括高压直流输电系统换流阀阻尼吸收回路用电容器测试一般要求、测试方法、判断方法、诊断判据。其中一般要求，基于 GB/T26215-2023《高压直流输电系统换流阀阻尼吸收回路用电容器》的安全要求、测试条件、测试仪器等内容进行规定。主要对密封性试验、短路放电试验、热稳定试验、耐久性试验等内容进行了修改和规范，并在诊断判据中给出换流阀阻尼吸收电容器应满足的技术要求。

### **3、主要技术差异**

本标准针对已有国标难以对考虑换流阀运行工况条件下提出的电容器要求达成一致的情况下，作出如下修改：

- 1) 本文件中所列出“技术条件”——换流阀工况下的电容器技术条件，不仅考虑电容器的使用条件，还考虑到换流阀的运行参数；
- 2) “短路放电试验”：将 5 次短路放电修改为 1000 次短路放电，主要是因为实际试验中 5 次短路放电的电应力较小，试验有效性低，增加次数可以有效的发现有问题的电容器；

3) “绝缘电阻测量”：明确测量绝缘电阻时的电压和阻值大小以及测量方法。另外在型式试验中针对单极结构也要做相同结构的双极电容器进行此项试验，用来验证电容器的绝缘性能；

4) “端子与外壳间交流电压试验”：在型式试验中针对单极结构也要做相同结构的双极电容器进行此项试验，用来验证电容器的端子与外壳间的耐电压性能；

5) “热稳定试验”：不再采用调频电源条件，因为试验波形并不能模拟电容器在换流阀下的使用环境。因此采用与换流阀相同的 6 脉动整流桥或逆变桥进行热稳定试验，通过调整换流阀的相关参数让电容器达到最大电流验证电容器的热稳定性能；

6) “耐久性试验”：不再采用工频耐压+短路放电方式，因为电压波形和电流波形并不能模拟电容器在换流阀下的使用环境。因此采用与换流阀相同的 6 脉动整流桥或逆变桥进行耐久性试验，通过调整换流阀的相关参数让电容器达到试验电压和试验电流大小；

7) “破坏试验”：明确金属箔电容器的破坏试验方法和试验验收标准。。

#### **4、解决的主要问题**

目前的标准内的试验都是对电容器单体的试验，并没有考虑到电容器安装在换流阀上的工况，所以相关的试验严苛等级和有效性是不足的，新的团体标准主要补充和提高了试验有效性，使得电容器可以在阀上的工况下进行一系列的试验，更能反映出电容器的实际性能。

#### **三、主要试验（或验证）情况**

该项目中需要验证电容器接入试验阀组的相关参数，主要是在热稳定试验和耐久性试验中，设计和搭建试验阀组，达到对电容器电压电流可控的要求。前期相关模拟试验已经在西安高压电器研究院股份有限公司完成，2024年8月，西安高压电器研究院股份有限公司结合上述模拟试验情况设计和搭建了试验阀组，开展了与标准相关的试验。测试波形情况如下：

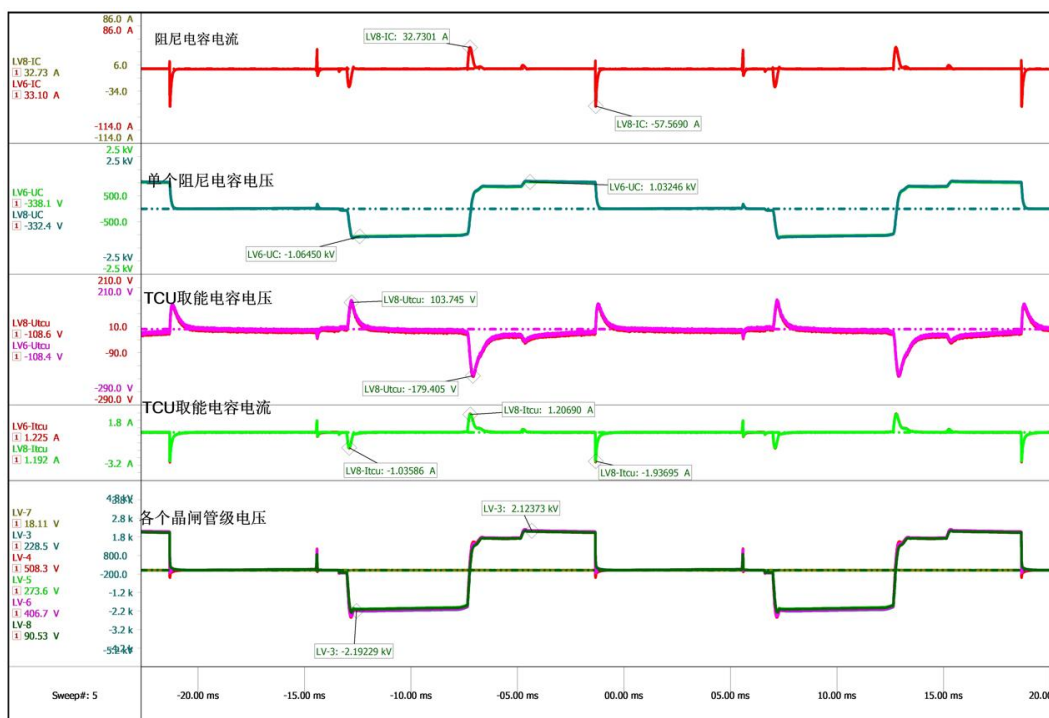


图 1 2.1kV 单级电压下阻尼电容工作状态

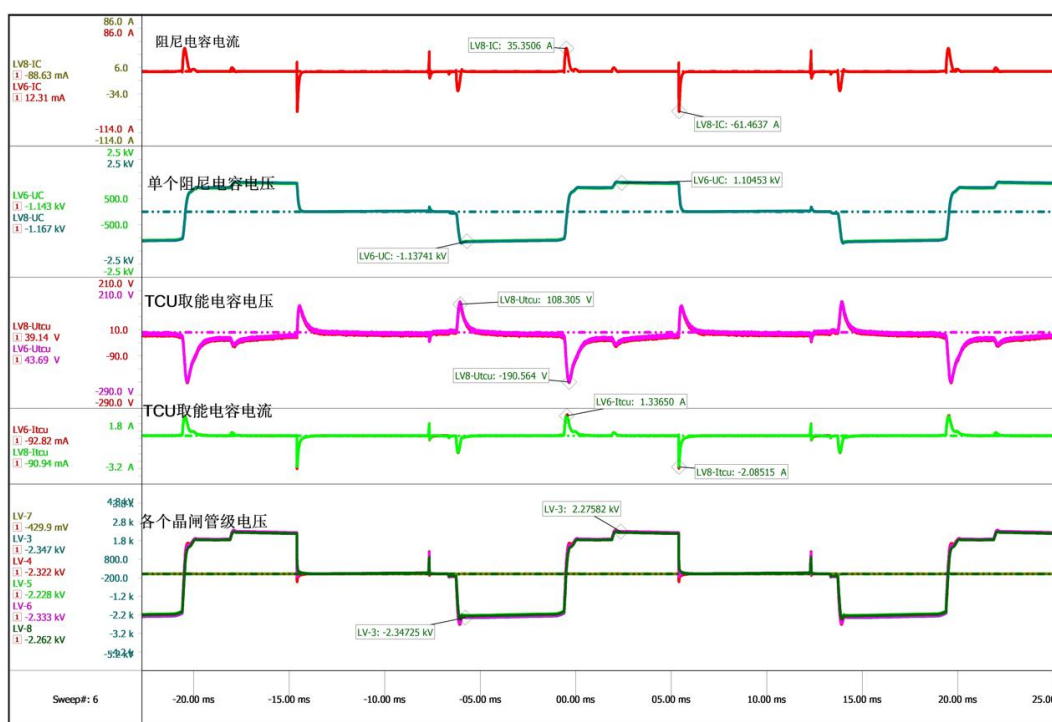


图 2 2.2kV 单级电压下阻尼电容工作状态

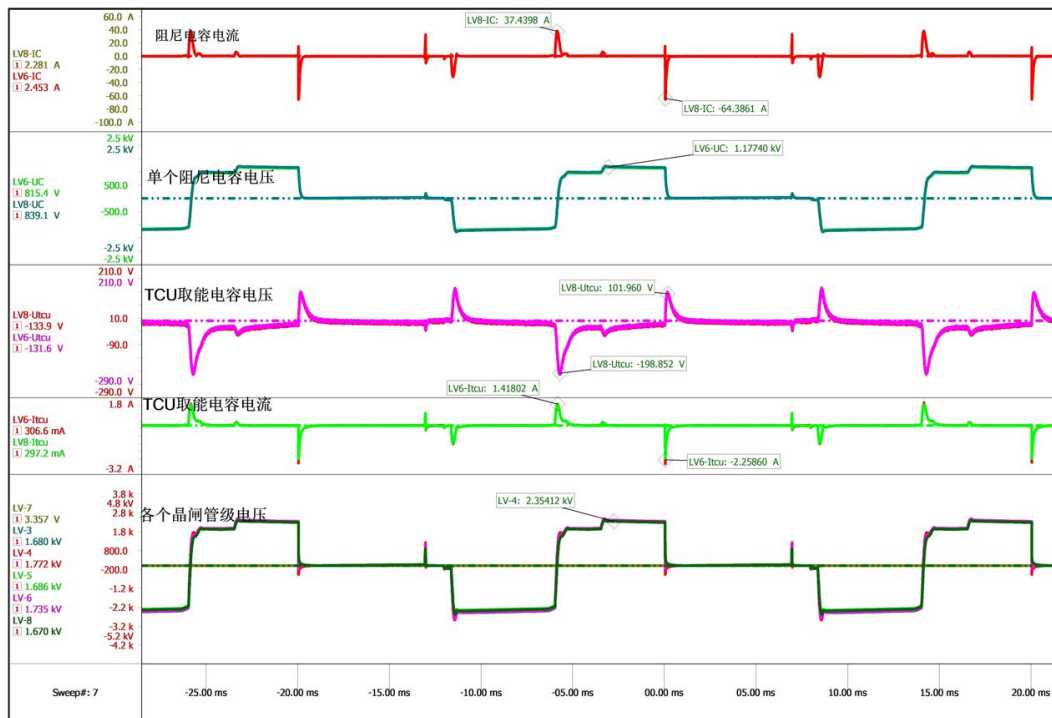


图3 2.4kV 单级电压下阻尼电容工作状态

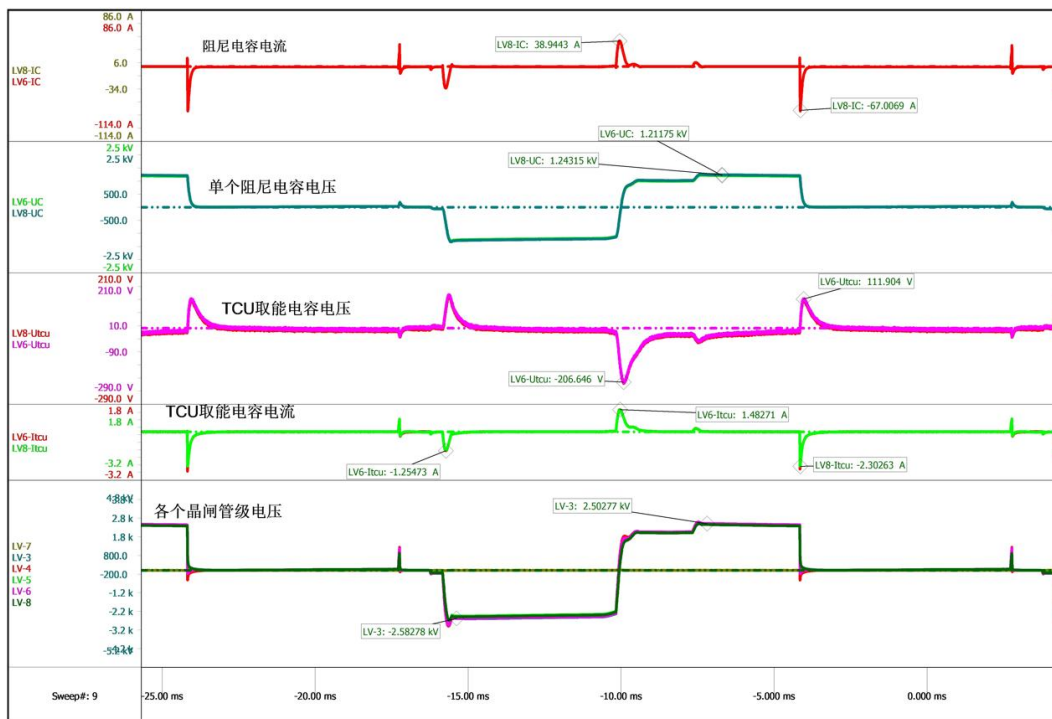


图4 2.5kV 单级电压下阻尼电容工作状态

试品为8级组件，替换5~8级阻尼电容，其中第8级阻尼电容通过引线布置在环境试验箱内，对该级阻尼电容加热至72℃。测试发现第7级晶闸管有延迟导通现象，导致暂态过程其承受较高电压，高电压测试时存在击穿问题，因此对第7级晶闸管进行短接。测试是分别测量第8级（阻尼电容在环境箱）和第6级的阻尼

电容电压（4uF）和电流，TCU取能电容电压和电流（0.64uF），同时监测 3~8级晶闸管的单级电压查看其动态均压。

表 1 晶闸管的单级电压及其阻尼电容的电压电流参数

阀段 电压	LV8 阻尼 电容 电压	LV6 阻尼 电容 电压	LV8 阻尼 电容 电流	LV6 阻尼 电容 电流	LV8 TCU 取能 电容 电压	LV6 TCU 取能 电容 电压	LV8 TCU 取能 电容 电流	LV6 TCU 取能 电容 电流	LV-8 晶闸 管级 电压	LV-6 晶闸 管级 电压	LV-5 晶闸 管级 电压	LV-4 晶闸 管级 电压	LV-3 晶闸 管级 电压
V	V	V	A	A	V	V	mA	mA	V	V	V	V	V
14380	1055	1030	57.6	57.4	179	176	1938	1955	2090	2135	2088	2088	2124
15380	1132	1105	61.4	61.7	190	189	2081	2113	2231	2282	2234	2234	2274
16260	1201	1177	64.4	65	199	200	2212	2259	2355	2410	2360	2354	2401
16930	1247	1220	66.5	67.6	208	207	2303	2360	2455	2510	2462	2466	2502

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本文件的制定和实施能够规范、统一高压直流输电换流阀阻尼吸收回路用电容器的测试方法，提高各生产单位的整体质量水平，有利于在试验、验收及检修中发现缺陷并做出正确判断，保证换流阀的可靠质量和安全运行，有利于我国高压、特高压直流发输变电系统、直流融冰装置、静止无功补偿装置（SVC）和交流耗能装置等领域的安全稳定发展，具有重要的经济社会意义。同时对高压直流输电系统换流阀阻尼吸收回路用电容器测试的规范，有利于测试装置生产厂家的规范化。

六、与国际、国外对比情况

本部分引用、参考以下现行有效标准：

GB/T 311.1 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.5 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击

GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.23 环境试验 第2部分：试验方法 试验Q：密封

GB/T 2423.60 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验U：引出端及整体安装件强度

GB/T 5169.12 电工电子产品着火危险试验 第12部分：灼热丝/热丝基本试验方法 材料的灼热丝可燃性指数（GWFI）试验方法

GB/T 5169.16 电工电子产品着火危险试验 第16部分：试验火焰50 W水平与垂直火焰试验方法

GB/T 17702—2021 电力电子电容器

GB/T 26215—2023 高压直流输电系统换流阀阻尼吸收回路用电容器

GB/T 2900.16—1996 电工术语 电力电容器

GB/T 20990.1 高压直流输电晶闸管阀 第1部分：电气试验

编制过程中相应试验方法均借鉴或直接引用自上述标准最新有效版本，故本文件与现行法律、法规、政策没有抵触，与现行有效的相关标准协调。

**七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

编制过程中相应试验方法均借鉴或直接引用自上述标准最新有效版本，故本文件与现行法律、法规、政策没有抵触，与现行有效的相关标准协调。

**八、重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

**九、标准性质的建议说明**

建议本标准为团体标准。

**十、贯彻标准的要求和措施建议**

建议本标准批准发布2天后实施。

**十一、废止现行相关标准的建议**

无

**十二、其他应予说明的事项**

无

