

T/CEC

中国电力企业联合会标准

T/CEC

电子式互感器电磁骚扰抗扰度试验导则

Test guide for electromagnetic disturbance immunity of electronic transformer

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

中国电力企业联合会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 概述	2
5 隔离开关分、合模拟试验抗扰度要求	2
6 试验程序	4
7 试验结果评定	5
8 试验报告	5
附 录 A（资料性） 试验回路等效电容推荐值	6
附 录 B（资料性） 球隙击穿电压	7
参 考 文 献	8

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由中国电力企业联合会电网电磁环境与噪声控制标准化技术委员会（CEC/TC 22）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件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）。

电子式互感器电磁骚扰抗扰度试验导则

1 范围

本文件规定了电子式互感器隔离开关操作电磁骚扰抗扰度试验项目、试验方法及评价方法。

本文件适用于 110 kV、220 kV、330 kV、500 kV 及 1000 kV 交流用具有数字量输出功能的变电站就地化电气测量仪器（电子式互感器）及继电保护装置。

对于变电站其它就地化设备没有相应标准时，本文件可以整体或者部分适用。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电子式互感器 electronic instrument transformer; ET

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。

[来源：GB/T 20840.7—2007，2.1.1]

3.2

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。

[来源：GB/T 20840.7—2007，2.1.2]

3.3

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。

[来源：GB/T 20840.8—2007，3.1.2]

3.4

就地化设备 on-sit equipment

可直接安装于户外一次设备近旁或与户外一次设备集成安装的设备。

3.5

T/CEC

EUT equipment under test

受试设备。

3.6

空气绝缘变电站 air insulated substation; AIS

仅由空气绝缘开关设备组成的变电站。

3.7

气体绝缘（金属封闭）变电站 gas insulated (metal enclosed) substation; GIS

仅由气体绝缘金属封闭开关设备组成的变电站。

3.8

隔离开关 disconnecter; DS

一种用于“隔离电源、倒闸操作、用以连通和切断小电流电路”，无灭弧功能的开关器件。隔离开关在分位置时，触头间有符合规定要求的绝缘距离和明显的断开标志；在合位置时，能承载正常回路条件下的电流及在规定时间内异常条件（例如短路）下的电流的开关设备。

3.9

（对骚扰的）抗扰度 (to a disturbance) immunity

装置、设备或系统面临电磁骚扰不降低运行性能的能力。

[来源：GB/T 4365—2003, 2.1]

4 概述

在变电站中高压隔离开关合、分操作引起的陡波前瞬态，其上升时间的为 3 ns~100 ns。由于涉及的高压电路的特征阻抗失配，电压前波会发生包括反射在内的演变，由此，高压母线中产生的瞬态电压和瞬态电流可用基波振荡频率表征，该频率取决于电路长度和传播时间。大量的测量统计表明，100 kHz、1 MHz 慢阻尼振荡波与 3 MHz、10 MHz、30 MHz 的快阻尼振荡波较好的切合了绝大部分空气绝缘变电站 (AIS) 和气体绝缘（金属封闭）变电站 (GIS) 实际环境。

高压变电站的电气设备在受到各种传导、辐射电磁骚扰的影响时，能够按规定的性能继续运行是至关重要的。因此，为了较好的模拟变电站现场电磁环境，在传统阻尼振荡波抗扰度试验的基础上，有必要以系统级的试验方式对电子式互感器在隔离开关操作电磁骚扰下进行抗扰度试验。综合考虑风险评估概率，推荐 AIS 试验回路振荡主频在 1 MHz 附近、GIS 试验回路振荡主频在 10 MHz 附近。

5 隔离开关分、合模拟试验抗扰度要求

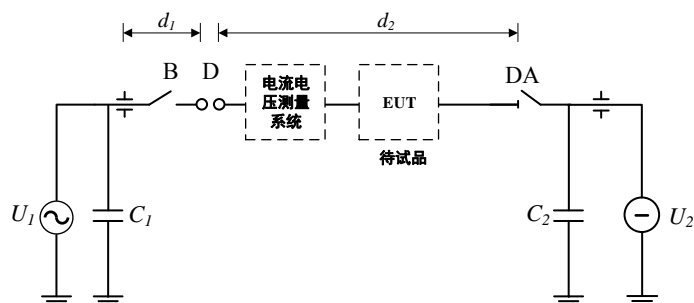
5.1 试验设备与布置要求

5.1.1 AIS 试验设备

AIS 变电站试验构成的电气回路示意图如图 1 所示，包括工频交流试验电源 U_1 、直流试验电源 U_2 、AIS 母线、电流电压测量系统、断路器开关 B 和放电球隙 D 和附加集中电容 C_1 、 C_2 。在 AIS 试验回路中， d_1 为左侧球隙至电源侧套管的距离， d_2 为右侧球隙至辅助隔离开关的距离， d_1 、 d_2 的长度及比例无特殊要求， d_1+d_2 的总长度宜不低于 20 m。电流电压测量系统的传感器内置于 d_2 短母线回路段，交流电源接入左侧套管，直流电源接入右侧套管。

为尽可能模拟隔离开关接通、断开非常短的母线（管）段或断路器的并联电容或较长母线（管）段等典型工况，电源侧回路与负载侧回路应具有不同容量附加的集中电容，整个试验回路的等效电容应不低于附录 A 的规定。

根据电压等级的不同，放电球隙 D 的直径要求需满足附录 B 的规定。



说明：

B——断路器开关；

D——放电球隙；

DA——辅助隔离开关。

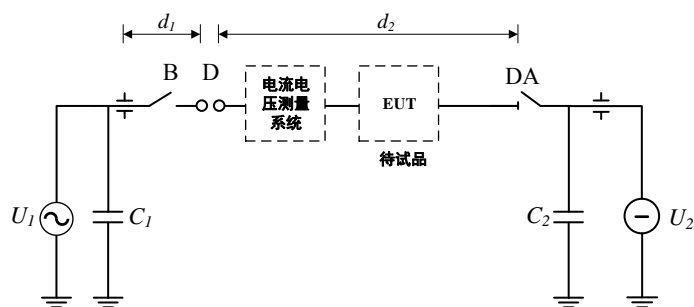
图 1 AIS 设备构成的电气回路示意图

5.1.2 GIS 试验设备

GIS 变电站试验构成的电气回路示意图如图 2 所示，包括 GIS 母线、GIS 隔离开关、电流电压测量系统、断路器开关 B、放电球隙 D 和附加集中电容 C_1 、 C_2 。在 GIS 试验回路中， d_1 为左侧球隙至电源侧套管的距离， d_2 为右侧球隙至辅助隔离开关的距离， $d_2=3\text{ m}\sim 5\text{ m}$ ， $d_2/d_1=0.36\sim 0.52$ 。电流电压测量系统的传感器内置于 d_2 短母线回路段，交流电源接入左侧套管，直流电源接入右侧套管。

为尽可能模拟 DS 接通、断开非常短的母线（管）段或断路器的并联电容或较长母线（管）段等典型工况，电源侧回路与负载侧回路应具有不同容量附加的集中电容，整个试验回路的等效电容应不低于附录 A 的规定。同时，负载侧集中电容 C_2 与右侧套管的连接引线应尽可能的短，推荐控制在 3 m 以内。

根据电压等级的不同，放电球隙 D 的直径要求需满足附录 B 的规定。



说明：

B——断路器开关；

D——放电球隙；

DA——辅助隔离开关。

图 2 GIS 设备构成的电气回路示意图

5.1.3 其它设备

辅助设备根据试验需要布置，包括汇控柜、智能管理单元、直流电源屏、网络分析仪、录波器、高压电容等。

汇控柜用于安装合并单元等就地化智能设备或单元，布置于开关场区域（推荐汇控柜距离球隙 5m~10 m），汇控柜提供电源线、互感器二次接线、输入/输出等接口。

智能管理单元位于试验控制室，与汇控柜通过光纤连接，记录被试互感器的工作状态。

直流电源屏将工频电压转换为直流电压，用于给智能管理单元、合并单元等供电。

录波器布置于试验控制室，记录受试的合并单元采集的电压和电流信号。

高压电容根据需求的不同，分别布置于试验变压器出现侧与短母线侧套管附近。

6 试验程序

6.1 试验环境

试验应按下述规定的标准气候条件进行：

——环境温度：5℃~40℃；

——相对湿度：25%~85%；

——大气压力：86 kPa（860 mbar）~106 kPa（1060 mbar）。

注：其它值由产品规范规定。

6.2 试验实施

试验应根据试验计划进行，共 2 种测试考核方案。试验方案 1 负载侧短母线为悬空导线，不额外连接集中负载电容；试验方案 2 在负载侧短母线右侧套管处连接附加的集中电容， C_2 宜为 2000 pF。在 AIS 试验回路中，放电延迟时间 t 为 2 s；在 GIS 试验回路中，放电延迟时间 t 为 0.2 s；

试验程序如下：

- a) 根据 EUT 类型，将其与试验回路对应部分相连接，试验时 EUT 应处于正常工作状态，辅助设备在额定工作条件下带电运行并正常工作。
- b) 在断路器分闸状态，调节球隙距离使其击穿电压约等于 $0.4U_r$ ；逐步升高变压器输出电压，将变压器高压输出升高至额定工作电压；通过操作断路器操作控制仪，设定放电模式和放电延迟时间 t ，进行“合- t -分”模式试验。
- c) 在断路器分闸状态，调节球隙距离使其击穿电压约等于 $0.5U_r$ ；逐步升高变压器输出电压，将变压器高压输出升高至额定工作电压；通过操作断路器操作控制仪，设定放电模式和放电延迟时间 t ，进行“合- t -分”模式试验。
- d) 在断路器分闸状态，调节球隙距离使其击穿电压约等于 $0.6U_r$ ；逐步升高变压器输出电压，将变压器高压输出升高至额定工作电压；通过操作断路器操作控制仪，设定放电模式和放电延迟时间 t ，进行“合- t -分”模式试验。
- e) 通过步骤 2-4，校正计算出 $1.6U_r$ 击穿电压下的球隙距离。
- f) 在断路器分闸状态，调节球隙距离至步骤 5 的计算值；随后，使用直流电源给短母线（及其并联电容）预充 $1.0U_r$ 电压；最后，逐步升高交流侧变压器输出电压，将变压器高压输出升高至额定工作电压，通过操作断路器操作控制仪，设定放电模式和放电延迟时间，进行“合- t -分”模式试验。
- g) 重复步骤 6 方式操作 9 次，共 10 次合分操作。

记录 EUT 的工作状态，分析 EUT 的抗扰性能，以上试验间隔均不低于 2 min。

7 试验结果评定

电子式互感器在隔离开关操作电磁骚扰抗扰度试验结果的评定分为以下四级：

- a) 功能或性能正常；
- b) 功能或性能暂时降低或丧失，但在骚扰停止后能自行恢复，不需要操作者干预；
- c) 功能或性能暂时降低或丧失，但需操作者干预才能恢复；
- d) 因设备（元件）硬件或软件损坏，或数据丢失而造成不能自行恢复至正常状态的功能降低或丧失。

制造商的技术规范可以规定一些对电子式互感器产生了影响但被认为是不重要的因而是可以接受的。

对于被试设备，抗扰度性能是与设备的安装位置以及执行功能的重要性密切相关的。虽然 A、B 和 C 级在不同程度上保持或具有功能，考虑到电子式互感器的执行功能，除制造商和采购方额外的协商性能判据外，推荐被试样品采用 A 级评判试验结果是否合格。

8 试验报告

制造商可以根据本文件规定通过试验报告的形式来证明产品符合要求。

试验结果应出自在具有满足功能要求所必需的配置条件下对设备所进行的试验。

符合性试验由代表性样本实施是可以接受的，代表性样本需要包括各种类型的分单元、模块（硬件和软件）的子单元，以满足最终设备的所有功能。

对设备或代表性样本应准确标记型号、生产年份和产品编号。

测试过程中试验配置和运行模式需要在试验报告中准确记录。

附录 A
(资料性)
试验回路等效电容推荐值

IEC 62271-102 规定的母线充电电流值见表 A.1。

表 A.1 规定的母线充电电流

额定电压 U_n kV(r. m. s)	72.5	126	252	363	550	800	1100
母线充电电流 A(r. m. s)	0.1	0.1	0.25	0.5	0.5	0.8	1.0
注：实际上，这些值一般是不会超过的。如果实际需要其它更高的数值，则这些数值应由用户和制造厂的协议确定。							

等效电容容量 C_L 的选择可采用工频下稳态时母线中流过的约束电流值进行估算，计算公式如下：

$$C_L \approx \frac{I}{2\pi f u_m / \sqrt{3}} \quad (\text{A.1})$$

式中：

I —— 母线中流过电流约束值；

f —— 工频频率；

u_m 为线路最高运行电压。

考虑到母线充电电流存在 $\pm 10\%$ 的偏差，套管、GIS/AIS 导杆与管道（地）之间等还存在一部分杂散电容，因此，工程上可选取常用的固定规格组合实现，见表 A.2。

表 A.2 集中电容推荐值

额定电压 U_r kV(r. m. s)	72.5	126	252	363	550	800	1100
集中电容推荐值 pF	7000	4000	5000	7000	5000	5000	5000
注：实际上，这些值一般是不会超过的。如果实际需要其它更高的数值，则这些数值应由用户和制造厂的协议确定。							

附 录 B
(资料性)
球隙击穿电压

对于球隙，工频下最大场强 E_{max} 与击穿电压的约束公式如下：

$$E_{max} = 0.9U \frac{r+d/2}{rd} \quad (B.1)$$

式中：

R ——球半径；

U ——施加电压；

d ——球隙间距。

不均匀系数 f 为

$$f = 0.9(1+d/2r) \quad (B.2)$$

一般认为不均匀系数 $f < 2$ 时，间隙仍为稍不均匀电场，估对于球隙，当 $d < 2.44r$ 时，可认为是稍不均匀电场。为保证试验的可重复性，不同试验回路的球半径设计应满足 $d < 2.44r$ 约束。

在工程上，空气中球隙一般采用 20 kV/cm 进行估算，标准大气压下 SF₆ 中球隙一般采用 89 kV/cm 进行估算，实际球隙间距的设置需在现场环境下进行校正。

表 B.1 为球直径为 50 cm，击穿电压与球隙间距的对比关系。

表 B.1 击穿电压与球隙间距

间距/cm	10	11	12	13	14	15	16	17	24	26	28	30
空气间隙 击穿电压 /kV	317	340	360	380	399	417	434	450	544	566	587	606
SF ₆ 间隙 击穿电压 /kV	1413	1511	1604	1692	1775	1854	1930	2001	2422	2521	2612	2697

参 考 文 献

- [1] IEC 62271-102 High-voltage switchgear and controlgear - Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches
- [2] GB/T 4365—2003 电工术语 电磁兼容
- [3] GB/T 20840.7—2007 互感器 第7部分：电子式电压互感器
- [4] GB/T 20840.8—2007 互感器 第8部分：电子式电流互感器
-