



中华人民共和国国家标准

GB/T 45119—2024

电力厂站低压用电系统的绝缘监测 技术要求

Technical requirement for insulation monitoring of low voltage power system in
power plants and substations

2024-12-31 发布

2025-07-01 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	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
4.1 工作环境	2
4.2 电气性能	3
4.3 通信及其他	4
5 监测要求	4
5.1 分类	4
5.2 功能指标	4
5.3 主要方式	7
6 安装验收	8
6.1 检查	8
6.2 布置	10
6.3 验收	10
7 运行维护	12
7.1 运行	12
7.2 维护	12
附录 A (规范性) 环境适应能力和电磁兼容要求	14
附录 B (资料性) 低压直流不接地系统的绝缘监测	15
附录 C (资料性) 低压交流不接地系统的绝缘监测	17
附录 D (资料性) 低压交流接地系统的绝缘监测	19
参考文献	23

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。

本文件由全国电力系统厂站低压用电标准化工作组(SAC/SWG 21)提出并归口。

本文件起草单位：国网四川省电力公司电力科学研究院、广东仟舜科技有限公司、浙江科畅电子股份有限公司、国网冀北电力有限公司电力科学研究院、深圳奥特迅电力设备股份有限公司、国网四川省电力公司、国网重庆市电力公司、首瑞(天津)电气设备有限公司、智洋创新科技股份有限公司、国网四川综合能源服务有限公司、河北创科电子科技有限公司、中国大唐集团科学技术研究总院有限公司华东电力试验研究院、国网河北省电力有限公司电力科学研究院、大连市旅顺电力电子设备有限公司、国网天津市电力公司、国家电投集团科学技术研究院有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、深圳供电局有限公司、国网冀北电力有限公司、国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院、深圳市泰昂能源科技股份有限公司、广州优维电子科技有限公司、许继电源有限公司。

本文件主要起草人：罗洋、李晶、董汉彬、方源、徐玉凤、王凤仁、田金虎、张超、范松海、李淑琦、羊静、陈书欣、陈纓、吴驰、马小敏、马鑫晟、南寅、王嘉易、聂树刚、李永祥、马延强、周广渊、王雪楠、赵淼、李秉宇、苗树国、赵军、刘芹、罗文科、李立军、伍飞飞、许光达、杨忠亮、王洪、王英明、张万征、刘忠祥、赵应龙、鲍春飞、罗治军、郑国永。

电力厂站低压用电系统的绝缘监测 技术要求

1 范围

本文件规定了电力厂站低压用电系统的绝缘监测的基本要求、监测要求、安装验收和运行维护等要求。

本文件适用于发电厂、变电站、换流站等电力工程低压交直流用电系统绝缘监测的设计、选型、安装和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.5—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击
- GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2900.1 电工术语 基本术语
- GB/T 2900.33 电工术语 电力电子技术
- GB/T 4365 电工术语 电磁兼容
- 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 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验
- 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 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.10 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.18 电磁兼容 试验和测量技术 阻尼振荡波抗扰度试验
- DL/T 860（所有部分） 电力自动化通信网络和系统

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.33、GB/T 4365 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

绝缘监测 **insulation monitoring**

监视及测量低压交、直流电源系统母线和支路对地绝缘状况。

3.2

接地电阻 grounding resistance

采用不接地运行方式的交、直流电源系统母线或支路的对地绝缘电阻。

3.3

平衡桥 balancing bridge

一种由正、负极等值人工接地电阻与直流母线接地电阻构成的(惠斯通)检测电桥,在母线绝缘良好或接地电阻阻值相近时检测电桥处于平衡状态。

3.4

不平衡桥 unbalanced bridge

一种由(交替)投切的正、负极等值人工接地电阻构成的电桥,并与平衡桥电阻构成检测电桥。

3.5

信号注入法 signal injection method

用已知交流、直流、方波脉冲以及自适应脉冲的信号输入在支路中,监测对应产生的接地故障信号,侦测接地支路或定位接地点的方法。

3.6

交流低频变阻法 AC low-frequency resistance variation method

用已知频率和振幅的正弦交流低频激励信号在直流支路中产生的接地故障电流信号,侦测接地支路或定位接地点的方法。

注:正弦交流低频激励信号是由交变检测电阻产生的。

3.7

直流对地电压偏移 DC voltage excursion

在不接地直流电源系统中,用绝对值表示的直流对地电压实际值与理论值的差值。

3.8

直流对地电压波动 DC voltage fluctuation

在不接地直流电源系统中,用系统标称电压值的百分数表示的直流对地电压实际值在一段时间内呈周期起伏变化的幅值。

3.9

直流互串 DC interconnection

在不接地直流电源系统中,直流支路间的异常连接。

3.10

交流窜入 AC invasion

交变电量侵入不接地直流电源系统的异常现象。

3.11

剩余电流 residual current

低压交流电源系统中,各相线与中性线电流矢量和不为零的电流。

4 基本要求

4.1 工作环境

电力厂站低压交直流用电系统绝缘监测设备(以下简称“绝缘监测设备”)的正常工作环境:

- a) 环境温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 日平均相对湿度不超过95%,月平均相对湿度不超过90%,无凝露;

- c) 海拔不超过 2 000 m；
- d) 通风良好,无爆炸危险,无腐蚀性气体,无霉菌；
- e) 无剧烈振动源,无强电磁干扰,外磁场感应强度不超过 0.5 mT；
- f) 振动水平加速度不超过 0.3 g,垂直加速度不超过 0.15 g。

注：特殊环境条件在制定相关绝缘监测设备标准时考虑。

4.2 电气性能

4.2.1 工作电源

4.2.1.1 绝缘监测设备的工作电源应从母线上经过保护电器引接。用于监测直流系统时应采用直流输入电源；监测交流系统时应采用交流输入电源或直流输入电源,不应采用交直流电源同时输入。

4.2.1.2 直流输入电源应在以下范围内正常工作：

- a) 220 V 电源电压范围为 176 V~286 V；
- b) 110 V 电源电压范围为 88 V~143 V；
- c) 纹波系数 $\leq 5\%$ 。

4.2.1.3 交流输入电源应在以下范围内正常工作：

- a) 380 V 电源电压范围为 304 V~456 V；
- b) 220 V 电源电压范围为 176 V~264 V；
- c) 频率范围为 47.5 Hz~52.5 Hz；
- d) 电压为正弦波,总谐波含量不超过 10%。

4.2.2 绝缘性能

绝缘监测设备的下列部位的电气绝缘性能应不低于表 1 的要求：

- a) 非电连接的各带电电路之间；
- b) 各独立带电电路与地(金属框架)之间；
- c) 通信接口对地(机箱金属外壳)之间。

表 1 绝缘电阻及绝缘试验的试验电压等级

额定绝缘电压 U_i V	绝缘电阻测试仪器的 电压等级 V	介电试验电压 交流有效值 V	介电试验电压直流 V	冲击耐压试验电压 kV
$U_i \leq 60$	250	1 000	1 415	0.8
$60 < U_i \leq 300$	500	1 500	2 120	4
$300 < U_i \leq 690$	1 000	1 890	2 670	6

在绝缘电阻测试仪器相应电压等级下测得的绝缘电阻应不小于 10 M Ω 。
冲击电压波形为 1.2/50 μ s 标准雷电波,输出阻抗为 500 Ω 。正负极性各 3 次,每次间歇时间不小于 5 s。

4.2.3 环境适应能力

绝缘监测设备高温运行、低温运行、冲击和振动的环境适应能力应符合附录 A 的要求。

4.2.4 电磁兼容

绝缘监测设备的电磁兼容试验等级应符合附录 A 的要求。

4.3 通信及其他

4.3.1 通信接口

绝缘监测设备应有 2 个及以上独立的 RS485 串行接口,用于和现场的其他设备进行通信,通信协议为 Modbus RTU;通信协议为 DL/T 860(所有部分)时,应有 2 个及以上 RJ45 以太网接口;应有通用串行总线(USB)接口用于现场存储数据导出。

4.3.2 对时要求

4.3.2.1 应具有卫星时钟同步对时功能,采用未经幅度调制的串行时间交换码[IRIG-B(DC)]进行时钟校正,同步误差应不超过 ± 1 ms。

4.3.2.2 内部独立时钟在 24 h 内的守时误差不应超过 ± 2 s。

4.3.3 其他

绝缘监测设备应具备无源输出节点,用于绝缘监测设备故障及系统绝缘故障的报警和延时跳闸的输出。

5 监测要求

5.1 分类

按被监测系统的接地方式分为:

- a) 直流不接地系统;
- b) 交流不接地系统;
- c) 交流接地系统。

5.2 功能指标

5.2.1 直流不接地系统

5.2.1.1 基本功能

5.2.1.1.1 应具备直流母线及直流支路接地、蓄电池接地、交流窜入和直流互串等绝缘故障的监测能力。

5.2.1.1.2 出现故障时,绝缘监测设备应发出故障告警。当故障消失后,其告警信号能自动或手动复归。

5.2.1.1.3 对持续 40 ms 及以上的绝缘故障,绝缘监测设备应能准确告警、选线并生成记录。

5.2.1.1.4 应能实时监测并显示直流系统正负极母线对地电压、交流窜入电压、正负极母线对地绝缘电阻、正负极支路对地绝缘电阻、单只蓄电池接地时的对地绝缘电阻及其电池运行编号。

5.2.1.1.5 完成接地故障检测的时间应不大于 180 s。

5.2.1.1.6 应具备对检测桥和电流互感器采样回路等单元的自检功能。

5.2.1.2 告警功能

5.2.1.2.1 接地故障告警阈值

一般设置二级告警值,当特殊需要时可设置三级告警值。

- a) 标称电压 220 V 系统可设置一级预警和一级报警。预警值为 100 k Ω ,报警值为 25 k Ω 。

b) 标称电压 110 V 系统可设置一级预警和一级报警。预警值为 50 k Ω ,报警值为 15 k Ω 。

5.2.1.2.2 告警的内容

告警应包含以下内容:

- a) 单极支路一点接地故障;
- b) 单极支路多点接地故障;
- c) 两极同支路同阻值接地故障;
- d) 两极同支路不同阻值接地故障;
- e) 两极不同支路同阻值接地故障;
- f) 两极不同支路不同阻值接地故障;
- g) 母线的直流对地电压偏移;
- h) 直流互串;
- i) 交流窜入;
- j) 蓄电池接地故障。

5.2.1.2.3 告警显示的信息

告警时应显示以下信息:

- a) 交流窜入电压有效值;
- b) 正负极母线对地电压值;
- c) 正负极母线对地绝缘电阻值;
- d) 正负支路对地绝缘电阻值;
- e) 故障发生日期时间;
- f) 故障支路(单只电池)编号。

5.2.1.2.4 记录功能

监测记录的基本要求:

- a) 应具有绝缘故障报警历史记录,记录条数不小于 500 条,失电后数据不丢失;
- b) 绝缘故障报警历史记录的内容应包含:发生时间、复归时间、故障类型、直流系统母线电压、正负极母线对地电压、交流窜入电压、正负极母线对地绝缘电阻、正负支路电阻及编号、接地蓄电池编号等信息。

5.2.1.3 测量准确度

5.2.1.3.1 绝缘电阻测量准确度如下。

- a) 母线对地电阻 R_m : $\pm(5\%R_m + 1 \text{ k}\Omega)$ ($R_m \leq 100 \text{ k}\Omega$);
 $\pm(10\%R_m + 1 \text{ k}\Omega)$ ($100 \text{ k}\Omega < R_m \leq 200 \text{ k}\Omega$)。
- b) 支路对地电阻 R_z : $\pm(10\%R_z + 2 \text{ k}\Omega)$ ($R_z \leq 100 \text{ k}\Omega$)。

5.2.1.3.2 电压测量准确度如下。

- a) 母线电压 U_m : $\pm 0.5\%$ ($80\%U_n \leq U_m \leq 130\%U_n$)。
- b) 母线对地电压 U_d : $\pm 0.5\%$ ($10\%U_n \leq U_d \leq 130\%U_n$)。
- c) 交流窜入电压 U_j : $\pm(5\%U_j + 1 \text{ V})$ ($10 \text{ V} \leq U_j \leq 242 \text{ V}$)。

注: U_n 为直流系统标称电压。

5.2.1.4 蓄电池组接地定位误差

蓄电池组中单只接地蓄电池定位误差应不大于 1 只。

5.2.2 交流不接地系统

5.2.2.1 基本功能

5.2.2.1.1 应具备交流不接地系统母线及支路接地绝缘故障的监测能力。

5.2.2.1.2 发生接地故障时,应发出绝缘告警信号,同时可选择发出延时跳闸切除故障支路信号。

5.2.2.1.3 应具备对检测桥和电流互感器采样回路等单元的自检功能。

5.2.2.2 告警功能

5.2.2.2.1 接地故障告警阈值

一般设置二级告警值:

- a) 预警值宜为 100 k Ω ;
- b) 报警值宜为 40 k Ω 。

5.2.2.2.2 告警显示的信息

系统对地绝缘告警应显示的信息:

- a) 母线对地绝缘电阻值;
- b) 支路对地绝缘电阻值;
- c) 故障发生日期时间;
- d) 故障支路编号。

5.2.2.3 记录功能

监测记录的基本要求:

- a) 绝缘告警记录的内容应包括母线电压、接地电阻、故障发生时间、接地支路号、故障复归时间;
- b) 历史记录条数应不小于 500 条,失电后数据不丢失。

5.2.2.4 测量准确度

对地电阻测量准确度如下。

- a) 母线对地电阻 R_m : $\pm(5\% R_m + 2 \text{ k}\Omega)$ ($R_m \leq 200 \text{ k}\Omega$)。
- b) 支路对地电阻 R_z : $\pm(10\% R_z + 3 \text{ k}\Omega)$ ($R_z \leq 200 \text{ k}\Omega$)。

5.2.3 交流接地系统

5.2.3.1 基本功能

5.2.3.1.1 绝缘监测设备应具备实时监测变压器中性点接地线剩余电流值、支路的剩余电流值,具有较高的监测灵敏度,应能长期连续可靠运行。

5.2.3.1.2 绝缘监测设备应具备多只电流互感器的电流合成功能。

5.2.3.1.3 交流中性点接地系统出现剩余电流告警时,绝缘监测设备应能发出告警信息。

5.2.3.1.4 应具备支路接地及定位接地点的侦测能力。

5.2.3.1.5 应具备对检测通道和电流互感器采样回路等单元的自检功能。

5.2.3.2 告警功能

5.2.3.2.1 绝缘故障告警阈值

剩余电流告警定值和越限跳闸定值的设定:

- a) 支路剩余电流越限报警定值宜设定在 20 mA~1 000 mA 之间；
- b) 系统中性点接地处剩余电流报警定值宜设定在 20 mA~5 000 mA 之间；
- c) 支路剩余电流的越限跳闸定值可设定在 20 mA~5 000 mA 之间。

5.2.3.2.2 绝缘故障告警时间

剩余电流告警和越限跳闸的时间设定：

- a) 当剩余电流值超过报警定值时，应在 10 s 内发出报警信号；
- b) 越限跳闸延时定值可设定在 1 s~60 s 之间。

5.2.3.2.3 告警内容

告警应包含以下内容：

- a) 支路剩余电流越限告警；
- b) 系统中性点接地线剩余电流越限告警；
- c) 支路剩余电流越限延时跳闸；
- d) 不平衡电流越限告警；
- e) 剩余电流越限总报警；
- f) 绝缘监测设备主机故障(失电)；
- g) 绝缘监测设备通信中断；
- h) 传感器测量连接线开路；
- i) 内部通信故障。

5.2.3.2.4 告警显示的信息

告警时应显示的信息：

- a) 系统中性点接地线剩余电流值；
- b) 接地支路剩余电流值；
- c) 故障发生时间；
- d) 故障支路编号。

5.2.3.3 记录功能

监测记录的基本要求：

- a) 绝缘报警记录的内容应包括剩余电流值、发生时间、支路编号等信息所有内容及其复归信息。
- b) 应具有剩余电流报警和电压越限报警的历史记录，记录条数不小于 500 条，失电后数据不丢失。

5.2.3.4 测量准确度

检测电流在 20 mA~20 A 范围内，频率分别为 50 Hz、100 Hz、150 Hz、200 Hz、250 Hz 时，电流测量都应满足准确度±5%的要求。

5.3 主要方式

5.3.1 直流不接地系统的监测方式及要求

5.3.1.1 母线绝缘监测

直流母线的绝缘监测主要有平衡桥法和“平衡桥+不平衡桥”法，其监测方式见附录 B。宜采用“平

衡桥+不平衡桥”法。

当直流母线正、负极对地电阻降至 100 kΩ 时,绝缘监测引起的直流母线正、负极的直流对地电压偏移应不超过 5% U_n 。

投切不平衡桥时,直流母线正、负极的直流对地电压波动幅值应不超过 5% U_n 。

5.3.1.2 支路监测

系统绝缘降低而进行接地支路查找,主要采用电流差值法,并与不平衡桥配合使用。

查找过程中,引起的直流母线正、负极的直流对地电压波动幅值应不超过±5% U_n 。

5.3.1.3 支路故障点侦测

系统绝缘降低而进行接地支路故障点查找,主要采用交流低频变阻法或信号注入法,并与便携式接地巡测仪配合使用。交流低频变阻法的频率应不超过 10 Hz。

注:便携式接地巡测仪的技术要求见 DL/T 1397.6。

5.3.2 交流不接地系统监测方式及要求

5.3.2.1 交流母线绝缘监测方式采用信号注入法,应能正确区分是电阻性接地还是电容性接地,其监测方式见附录 C。

5.3.2.2 注入信号的电压峰值应不大于 120 V。

5.3.2.3 信号源内阻抗按系统标称电压以 30 Ω/V 计算取值,应不小于 15 kΩ;直流内阻按系统标称电压以 30 Ω/V 计算取值,应不小于 1.8 kΩ。

5.3.2.4 注入信号的峰值电流应不大于 10 mA。

5.3.3 交流接地系统监测方式及要求

5.3.3.1 交流接地系统主要采用剩余电流判断系统绝缘故障。

5.3.3.2 监测方式分为剩余电流直接监测和剩余电流合成监测,剩余电流直接监测方式和合成监测方式见附录 D。

5.3.3.3 剩余电流合成的主要方式如下:

- a) 支路相线与中性线的电流合成;
- b) 共中性线支路的电流合成;
- c) 多台变压器中性点接地线的电流合成。



6 安装验收

6.1 检查

6.1.1 设备检查

6.1.1.1 绝缘监测设备应完好、无损、无变形、无受潮。

6.1.1.2 绝缘监测设备型号、附件、备品备件应符合订货合同的要求。

6.1.1.3 绝缘监测设备说明书、合格证、试验记录应齐全。

6.1.2 安装条件检查

6.1.2.1 直流不接地系统

安装前应检查:

- a) 被监测的直流不接地系统主接线情况；
- b) 绝缘监测设备主机、检测模块、互感器、接线端子等安装固定位置是否合适，空间是否充足；
- c) 绝缘监测设备电源、通信等线缆配线方式及路径；
- d) 绝缘监测设备工作电源搭接位置及方式；
- e) 通信协议是否匹配；
- f) 监测、报警信息是否符合设计要求；
- g) 直流电源系统对地绝缘状态是否正常，是否存在直流互串、交流窜入等异常状况；
- h) 绝缘监测设备检测桥的接入点；
- i) 绝缘监测设备工作电源接入保护电器配置是否合适；
- j) 被监测直流电源系统的工作接地排(端)、保护接地排(端)是否相互独立且接地可靠，且不应接入保护专用的等电位接地网。



6.1.2.2 交流不接地系统

安装前应检查：

- a) 被监测的交流不接地系统主接线情况；
- b) 绝缘监测设备的主机、检测模块、互感器、接线端子等安装固定位置是否合适，空间是否充足；
- c) 绝缘监测设备的电源、通信等线缆配线方式及路径；
- d) 绝缘监测设备的工作电源搭接位置及方式；
- e) 通信协议是否匹配；
- f) 监测、报警信息是否符合设计要求；
- g) 交流不接地系统对地绝缘状态是否正常，中性线是否存在接地；
- h) 绝缘监测设备的工作电源接入保护电器配置是否合适；
- i) 保护接地排(端)是否接地可靠。

6.1.2.3 交流接地系统

安装前应检查：

- a) 被监测的交流接地系统主接线情况；
- b) 绝缘监测设备的主机、检测模块、剩余电流互感器、接线端子等安装固定位置是否合适，空间是否充足；
- c) 绝缘监测设备的电源、通信等线缆配线方式及路径；
- d) 绝缘监测设备的工作电源搭接位置及方式；
- e) 通信协议是否匹配；
- f) 监测、报警信息是否符合设计要求；
- g) 被监测的交流接地系统对地绝缘状态是否正常；
- h) 被监测的交流系统接地方式，剩余电流互感器测量点至馈线末端中性线是否存在重复接地，是否存在电缆屏蔽层误接中性线排等问题；
- i) 绝缘监测设备的工作电源接入保护电器配置是否合适；
- j) 保护接地排(端)是否接地可靠；
- k) 剩余电流监测方式；
- l) 被监测的交流接地系统双电源回路是否采用四极转换电器、是否存在双电源中性线并接，相线与中性线是否需要合成监测，是否存在多根相线、中性线并联分流情况。

6.2 布置

6.2.1 直流不接地系统

6.2.1.1 绝缘监测设备的主机应布置在直流馈线柜内,便于实现正、负直流母线绝缘及支路接地选线的功能,其检测桥臂电阻器就地接入,并使相应的漏电流传感器接入便捷安全。

6.2.1.2 两套直流电源系统应装设两套绝缘监测,且两套绝缘监测设备之间应有通信联络,避免该两套系统合环时出现监测信号相互干扰,影响监测。

6.2.1.3 应在直流分电柜内装设绝缘监测分机,便于实现支路接地选线的功能和绝缘监测主机间的协调。

6.2.2 交流不接地系统

6.2.2.1 绝缘监测设备的主机宜安装在总路柜内,具有系统绝缘及支路绝缘监测功能,并对应不同的注入信号配置相应的电流采样互感器。

6.2.2.2 对于在运交流电源系统,宜选用开口式电流互感器;对于新建交流电源系统,可选用闭口式电流互感器。

6.2.3 交流接地系统

6.2.3.1 应根据被监测交流系统的规模优化并减少安装信号处理单元的数量。

6.2.3.2 多台低压变中性点在中央配电屏处一点接地时,应通过该处接地线卡装电流互感器进行电流检测,并与相线进行电流矢量合成。布置方式见图 D.5。

6.2.3.3 多台低压变中性点各自接地时,应通过低压变中性点接地线分别卡装电流互感器进行电流检测,再进行电流矢量合成。布置方式见图 D.6。

6.2.3.4 对交流支路应通过卡装电流互感器检测支路剩余电流。

- a) 对于相线与 N 线走线一致的支路卡装单个电流互感器。
- b) 对于相线和 N 线分开走线的支路,通过卡装两个电流互感器,然后进行矢量合成。
- c) 对于共 N 线的支路,通过分别卡装两个共 N 的支路,进行矢量合成的方式进行支路剩余电流检测。

6.2.3.5 支路剩余电流及系统中性点接地电流宜采用开口式电流传感器。

6.2.3.6 优先采用单个电流互感器直接测量得到被测回路的剩余电流值,受现场安装条件限制,无法采用单个电流互感器测量时,可采用多个电流互感器测量后矢量合成得到被测回路剩余电流值。

6.3 验收

6.3.1 一般要求

绝缘监测设备布置安装完毕后,应按绝缘监测设备及被监测系统的技术规定和要求,完成投运前的交接试验和现场检查,运行接收单位宜派人参加试验和检查。

6.3.2 交接试验

6.3.2.1 交接试验项目

交接试验项目应不少于以下所列内容:

- a) 监测参量准确度的测试;

- b) 监测设备绝缘性能的测试；
- c) 绝缘故障监测告警功能的验证；
- d) 现场安全防护功能的验证(如有)；
- e) 绝缘监测设备标准规定的项目和内容。

6.3.2.2 交接试验报告

交接试验报告应不少于以下所列内容：

- a) 绝缘监测设备的主要技术参数；
- b) 交接试验的依据、项目及结果；
- c) 绝缘监测设备的交接试验结论；
- d) 试验及审批人员的签章。

6.3.3 现场检查

6.3.3.1 资料检查

现场资料检查不少于以下所列内容：

- a) 绝缘监测设备的技术参数资料、使用说明书、合格证、出厂试验报告等随机文件；
- b) 设施和结构及各元器件(特别是传感器)规格与铭牌和技术文件相符；
- c) 试验报告项目、结论和签署符合新设备验收要求。

6.3.3.2 设备检查

现场设备检查不少于以下所列内容：

- a) 各装置器件安装位置合适,不影响被监测设备及其电气回路的性能；
- b) 电气回路接线应排列整齐、标志清晰、绝缘良好、导体截面符合设计要求；
- c) 接线端子有清晰的编号,交流与直流不应布置在同一接线端子排；
- d) 安装完成后的设施密封完整良好,电缆孔洞封堵完好；
- e) 绝缘监测设备及附件的标识清晰、正确,外壳接地牢靠、无外伤、变形等现象；
- f) 绝缘监测设备及附件的电源、测量、通信及其他连线正确,安装牢固可靠,布线整齐；
- g) 电缆敷设满足交流与直流、强电与弱电的回路分沟分层。

6.3.4 竣工验收

6.3.4.1 绝缘监测设备在投运前,应进行交接验收,验收通过后可根据工程项目规模投入试运行。

6.3.4.2 绝缘监测设备投运前应收集整理资料：

- a) 绝缘监测设备的随机文件；
- b) 绝缘监测设备的交接验收报告、运行日志(如有)；
- c) 运行维护单位需要的其他技术文件。

6.3.4.3 绝缘监测设备试运行期间应加强运行监视和巡视,出现异常或故障应立即按运行单位事故预案或故障处理流程进行。

6.3.4.4 绝缘监测设备试运行正常后,应核查前期资料,达到竣工验收条件,完成验收。

7 运行维护

7.1 运行

7.1.1 运行要求

- 7.1.1.1 绝缘监测设备运行环境应满足 4.1 规定的要求。
- 7.1.1.2 绝缘监测设备投入运行前应通过 6.3 规定的交接试验和现场检查。
- 7.1.1.3 绝缘监测设备投入运行前应对告警功能、告警阈值进行设定。
- 7.1.1.4 绝缘监测设备转为正常运行前应履行完成 6.3.4 规定的竣工验收。

7.1.2 巡视要求

7.1.2.1 正常巡视

应按运行单位规定的巡视周期,定期进行以下项目的正常巡视检查:

- a) 绝缘监测设备的信号、指示显示、声响报警等的工作状态和通信状况正常;
- b) 绝缘监测设备的传感器完好牢靠无异常;
- c) 回路导体和连接部件应无松动、发热和腐蚀现象;
- d) 绝缘监测设备的绝缘完好无破损;
- e) 绝缘监测设备无灰尘、无凝露。

7.1.2.2 特殊巡视

应按以下列项进行绝缘监测设备的特殊巡视检查:

- a) 新投运的绝缘监测设备应增加巡视检查次数。试运行结束后转入正常运行的巡视检查;
- b) 在高温季节、高峰负荷期间应加强巡视检查;
- c) 在雷雨季节有雷电发生后,应进行巡视检查;
- d) 检查项目按正常巡视项目内容。

7.2 维护

7.2.1 技术档案

7.2.1.1 发电厂、变电站及其专业班(组)应建立健全绝缘监测设备台账和运行维护记录等技术文件档案。

7.2.1.2 技术档案应主要包括:

- a) 设备台账:设备卡片,含名称、型号、生产厂家、出厂日期、合格证等;出厂技术文件,包括技术参数资料、使用说明书、出厂试验报告等;
- b) 现场运行资料:系统接线图(网络图)、监测传感器配置一览表等;
- c) 运行维护记录:交接试验报告(记录)、巡视记录、维护检修或缺陷处理记录、周期性的测试记录等;
- d) 报警定值:绝缘监测设备设置的预警及告警定值等。

7.2.1.3 监测传感器配置一览表应由专人负责,内容包括:回路名称、负荷电流(短时最大)、传感器型式和额定电流等。发生变更或改变时由专责人随即修改一览表。更换时,应按一览表规定的额定电流更换。

7.2.2 异常处理

当绝缘监测设备出现异常时,根据异常告警内容或现象进行以下处理:

- a) 绝缘监测设备出现告警信息时,应先检查各装置、器件等连接部件是否出现松动,线缆是否出现破损,传感器故障应更换相应传感器,简单维护后告警信息依然存在,则应关闭绝缘监测设备电源,停止工作,查明原因,或联系制造商进行修复或更换;
- b) 绝缘监测设备电源开关跳闸后,经检查未发现跳闸原因时,可试送电一次。如果再次跳闸,则应查明跳闸原因,不应连续强行送电。必要时现场进行绝缘监测设备的校验,确认是绝缘监测设备故障时,应在最短时间内予以修复或更换。

7.2.3 周期校验

7.2.3.1 校验

定期或结合被监测系统的维护时间,运行单位应采用绝缘监测装置校验仪或相应的仪器、仪表,在安装现场对绝缘监测设备进行校验。

注:直流电源系统的绝缘监测装置校验仪的技术要求见 DL/T 1397.8。

7.2.3.2 内容

7.2.3.2.1 直流不接地系统

直流不接地系统绝缘监测设备的校验应主要包括:

- a) 监测参量准确度的测试;
- b) 绝缘故障监测告警功能的验证;
- c) 监测设备绝缘性能的测试;
- d) 现场安全防护功能的验证(如有);
- e) 直流绝缘监测设备标准规定的项目和内容。

7.2.3.2.2 交流不接地系统

交流不接地系统绝缘监测设备的校验应主要包括:

- a) 监测参量响应值的测试;
- b) 绝缘故障监测告警功能的验证;
- c) 监测设备绝缘性能的测试。

7.2.3.2.3 交流接地系统

交流接地系统绝缘监测设备的校验应主要包括:

- a) 基本功能试验;
- b) 监控功能试验;
- c) 通信功能试验;
- d) 电气绝缘试验。

7.2.3.3 周期

每年定期或结合被监测系统的维护周期,以及出现异常或运行单位认为必要时,应开展绝缘监测设备的校验。

附 录 A
(规范性)
环境适应能力和电磁兼容要求

A.1 环境适应能力

A.1.1 低温运行

绝缘监测设备应能承受 GB/T 2423.1—2008 中 5.4 规定的低温试验,以 4.1 规定的环境温度下限作为试验温度,持续时间为 2 h。在试验期间绝缘监测设备应能正常运行。

A.1.2 高温运行

绝缘监测设备应能承受 GB/T 2423.2—2008 中 5.4 规定的高温试验,以 4.1 规定的环境温度上限作为试验温度,持续时间为 2 h。在试验期间绝缘监测设备应能正常运行。

A.1.3 冲击



绝缘监测设备应能承受 GB/T 2423.5—2019 中表 1 规定的在每个轴向上峰值加速度为 300 m/s²、标称脉冲持续时间为 18 ms、速度变化量为 3.4 m/s 的半正弦脉冲波形、碰撞次数为 1 000 次的的冲击试验。在试验结束后,绝缘监测设备外观不应发生明显变化,通电后应能正常工作。

A.1.4 振动(正弦)

产品应能承受 GB/T 2423.10—2019 中第 5 章规定的,在 10 Hz~150 Hz 范围内,在每个轴向上,位移幅值为 3.5 mm 或加速度幅值为 10 m/s² 的振动响应检查试验。

在振动响应检查中,如果在 10 Hz~150 Hz 的频率范围内出现机械共振或其他作用的响应,应进行定频耐久试验,否则进行扫频耐久试验。

A.2 电磁兼容要求

用于电力厂站低压交直流用电系统的绝缘监测设备应满足表 A.1 的电磁兼容试验等级要求。

表 A.1 电磁兼容试验等级要求

试验名称	试验等级	执行标准编号
静电放电抗扰度	3	GB/T 17626.2
射频电磁场辐射抗扰度	3	GB/T 17626.3
电快速瞬变脉冲群抗扰度	3	GB/T 17626.4
浪涌(冲击)抗扰度	4	GB/T 17626.5
射频场感应的传导骚扰抗扰度	3	GB/T 17626.6
工频磁场抗扰度	4	GB/T 17626.8
阻尼振荡磁场抗扰度	4	GB/T 17626.10
阻尼振荡波抗扰度	3 ^a	GB/T 17626.18

^a 为 1 MHz 和 100 kHz 振荡波。

附录 B

(资料性)

低压直流不接地系统的绝缘监测

B.1 平衡桥监测方式

直流不接地系统绝缘良好时,直流母线的正极对地绝缘电阻 R_+ , 负极对地绝缘电阻 R_- , 直流母线电压为 U_n 。在直流不接地系统的直流母线正、负极之间(如直流正极控制母线 +KM 与直流负极控制母线 -KM 之间), 有人工接地桥电阻 R_1 和 R_2 , 与 R_+ 和 R_- 构成平衡桥, 其监测原理示意图见图 B.1。

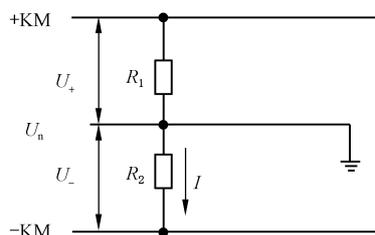


图 B.1 平衡桥的绝缘监测示意图

直流不接地系统绝缘良好时, R_+ 和 R_- 的阻值远大于对应的 R_1 和 R_2 , 根据欧姆定理, 整理得到直流母线正、负极对地电压 U_+ 和 U_- 的计算公式(B.1)和公式(B.2):

$$U_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_n \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

$$U_- = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_n \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

根据公式(B.1)和公式(B.2), 直流不接地系统绝缘良好时, 平衡桥使直流电源系统的直流母线正、负极对地电压均为 50% 直流母线电压。

当直流不接地系统发生单极(正极或负极)接地故障时, 直流母线将发生直流对地电压偏移, 接地一极的直流电压降低, 绝缘正常一极的直流电压上升。单极(正极)接地故障监测如图 B.2 所示。

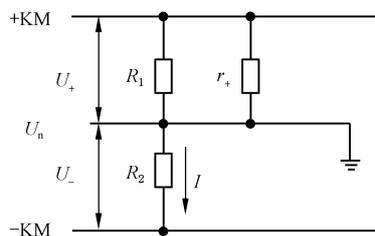


图 B.2 平衡桥监测单极接地示意图

当正极接地电阻为 r_+ 时, R_+ 阻值远大于的 $R_1 \parallel r_+$, U_+ 和 U_- 由公式(B.3)和公式(B.4)计算得出:

$$U_+ = \frac{R_1 \parallel r_+}{R_1 \parallel r_+ + R_2} \cdot U_n \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

$$U_- = \frac{R_2}{R_1 \parallel r_+ + R_2} \cdot U_n \quad \dots\dots\dots (B.4)$$

有 $R_1 = R_2$, 由公式(B.3)和公式(B.4)得到公式(B.5):

$$r_+ = \frac{U_+ \cdot R_1}{U_- - U_+} \dots\dots\dots (B.5)$$

测量得到 U_n 、 U_+ 和 U_- ，由公式(B.5)计算即可得到正极单极接地电阻 r_+ 。

当单极接地发生在负极，负极接地电阻为 r_- 时，由公式(B.6)计算得到 r_- ：

$$r_- = \frac{U_- \cdot R_2}{U_+ - U_-} \dots\dots\dots (B.6)$$

平衡桥的优点是结构简单，不会引起直流对地电压波动。缺点是不能监测两极绝缘电阻等值降低的接地故障。

B.2 “平衡桥+不平衡桥”监测方式

“平衡桥+不平衡桥”是在平衡桥的基础上加上不平衡桥， R_1 、 R_2 为平衡桥电阻， R_3 、 R_4 为不平衡桥电阻， r_+ 和 r_- 分别为直流母线正、负极接地电阻。绝缘监测示意图如图 B.3 所示。

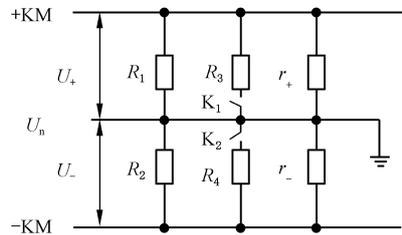


图 B.3 “平衡桥+不平衡桥”的绝缘监测示意图

正常运行情况，通过投入平衡桥检测直流母线对地电压。不平衡桥采用定时投切，或在出现正、负极直流对地电压偏移时投切。

K_1 闭合 K_2 断开时，直流母线正极对地绝缘电阻 $R_+ = R_1 \parallel R_3 \parallel r_+$ ，负极对地绝缘电阻 $R_- = R_2 \parallel R_4 \parallel r_-$ ，此时的正极对地电压 U_{1+} 的计算按公式(B.7)：

$$U_{1+} = \frac{R_+}{R_+ + R_-} \cdot U_n = \frac{R_1 \parallel R_3 \parallel r_+}{R_1 \parallel R_3 \parallel r_+ + R_2 \parallel R_4 \parallel r_-} \cdot U_n \dots\dots\dots (B.7)$$

K_2 闭合 K_1 断开时，直流母线正极对地绝缘电阻 $R_+ = R_1 \parallel r_+$ ，负极对地绝缘电阻 $R_- = R_2 \parallel R_4 \parallel r_-$ ，此时的正极对地电压 U_{2+} 的计算按公式(B.8)：

$$U_{2+} = \frac{R_+}{R_+ + R_-} \cdot U_n = \frac{R_1 \parallel r_+}{R_1 \parallel r_+ + R_2 \parallel R_4 \parallel r_-} \cdot U_n \dots\dots\dots (B.8)$$

由公式(B.7)和公式(B.8)可计算得到直流母线两极接地电阻，即 r_+ 和 r_- 。

“平衡桥+不平衡桥”的优点是可检测两极绝缘电阻等值下降的接地故障，同时平衡桥电阻又能降低不平衡桥投切引起的母线直流对地电压波动。

附录 C

(资料性)

低压交流不接地系统的绝缘监测

C.1 信号注入法监测方式

采用信号发生器注入特征信号,通过检测特征信号发现交流不接地系统绝缘故障,见图 C.1。图中信号发生器的信号源为 U_s ,信号源的输出阻抗为 r ,系统分布电容为 C ,接地电阻为 R_j 。

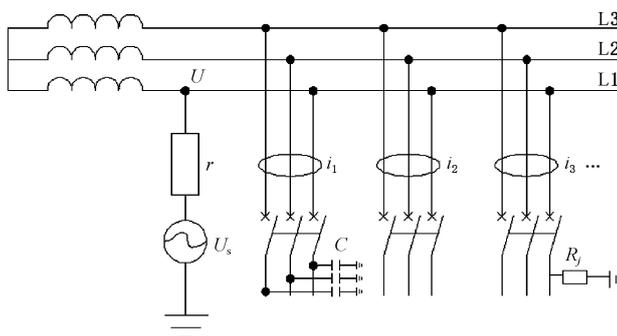


图 C.1 信号注入法的绝缘监测

C.2 总路绝缘故障判别

如图 C.1 所示绝缘故障,被监测系统对地阻抗为 Z ,信号源 U_s 输出的总电流为 \dot{I} 。采集信号源端电压 U_s 和输出总电流 \dot{I} ,由公式(C.1)计算得到系统对地阻抗:

$$Z = \frac{\dot{U}_s}{\dot{I}} - Z_r \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

Z ——系统对地阻抗;

Z_r ——信号源内阻抗;

\dot{U}_s ——信号源端电压;

\dot{I} ——信号源输出总电流。

通过公式(C.2)计算得到接地阻抗 Z_{R_j} ,信号源与母线至馈线间均为金属导线直联,忽略电感的影响,有 $Z_{R_j} = R_j$ 。依据计算得到的接地电阻为 R_j 与绝缘故障告警阈值比较,小于绝缘故障告警阈值时,即为交流不接地系统发生了接地故障。

$$Z_{R_j} = \frac{Z \cdot Z_C}{Z_C - Z} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

Z ——系统对地阻抗;

Z_{R_j} ——接地阻抗;

Z_C ——系统容抗。

C.3 支路绝缘故障选线

如图 C.1 所示,信号源输出支路端电压 \dot{U} ,利用电流互感器测量支路特征电流 \dot{I}_n ,利用 \dot{I}_n 特征电流计算绝缘电阻,支路绝缘也由分布电容 C_n 和接地电阻 R_{jn} 组成,由公式(C.3)计算得到支路对地阻抗:

$$Z_n = \frac{\dot{U}}{\dot{I}_n} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

Z_n ——支路对地阻抗;

\dot{U} ——信号源支路端电压;

\dot{I}_n ——支路特征电流。

通过公式(C.4)可得到支路接地阻抗 $Z_{R_{jn}}$,信号源与母线至馈线间均为金属导线直联,忽略电感的影响,有 $Z_{R_{jn}} = R_{jn}$ 。依据计算得到的接地电阻为 R_{jn} 与支路绝缘故障告警阈值比较,小于支路绝缘故障告警阈值时,即为交流不接地系统发生接地故障的支路。

$$Z_{R_{jn}} = \frac{Z_n \cdot Z_{C_n}}{Z_{C_n} - Z_n} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:

Z_n ——支路对地阻抗;

$Z_{R_{jn}}$ ——支路接地阻抗;

Z_{C_n} ——支路容抗。



附录 D

(资料性)

低压交流接地系统的绝缘监测

D.1 剩余电流直接监测方式

剩余电流直接测量监测时,剩余电流互感器安装方式示意图见图 D.1。

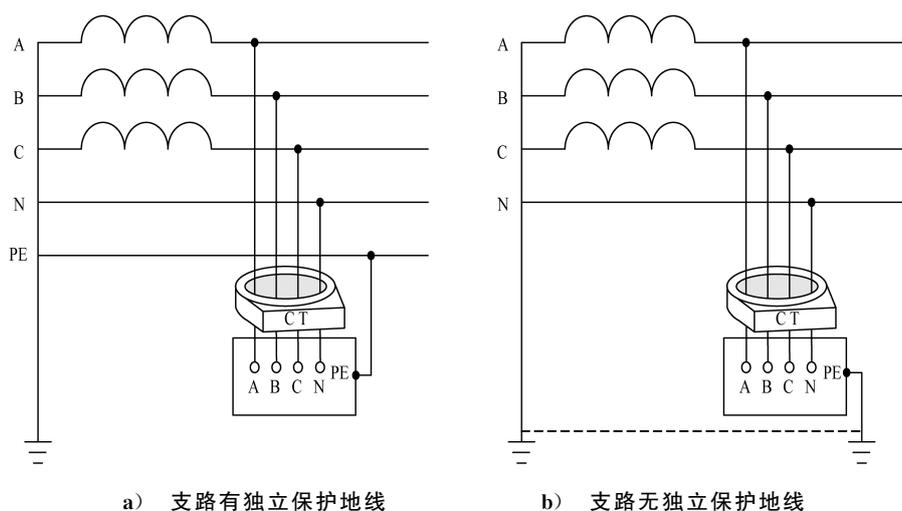


图 D.1 剩余电流直接监测方式

D.2 剩余电流合成监测方式

D.2.1 支路相线与中性线的电流合成

支路相线电流与中性线电流矢量合成测量监测时,剩余电流互感器安装测量方式示意图见图 D.2。

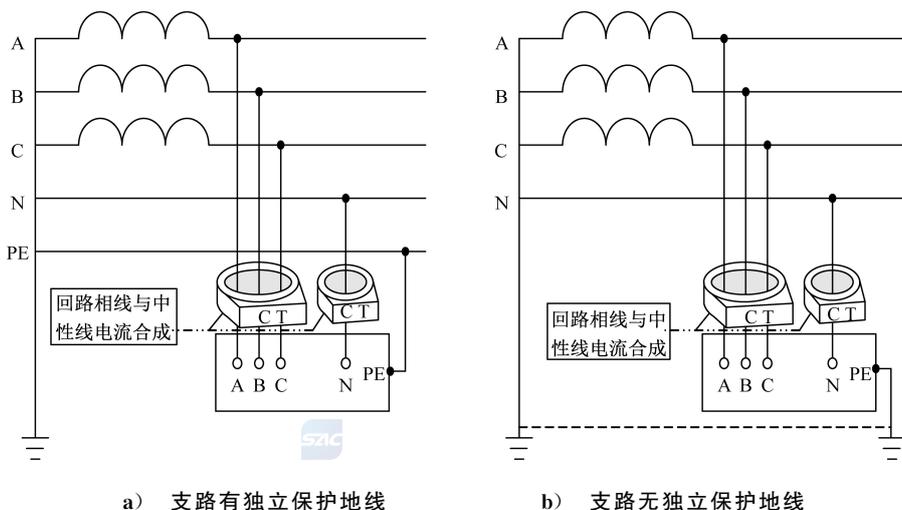
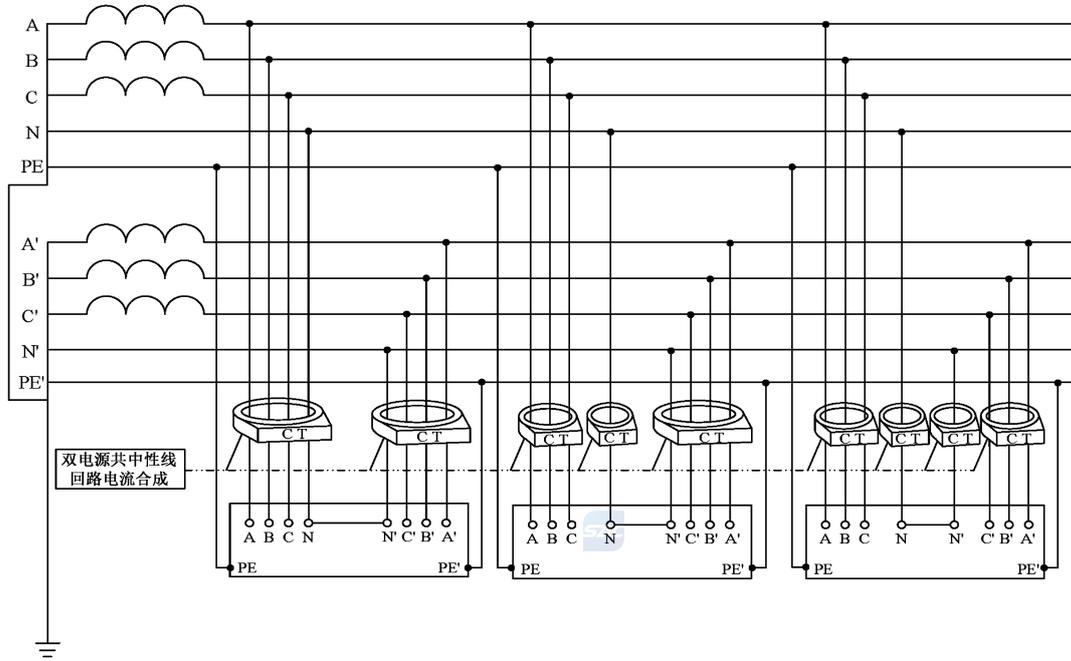


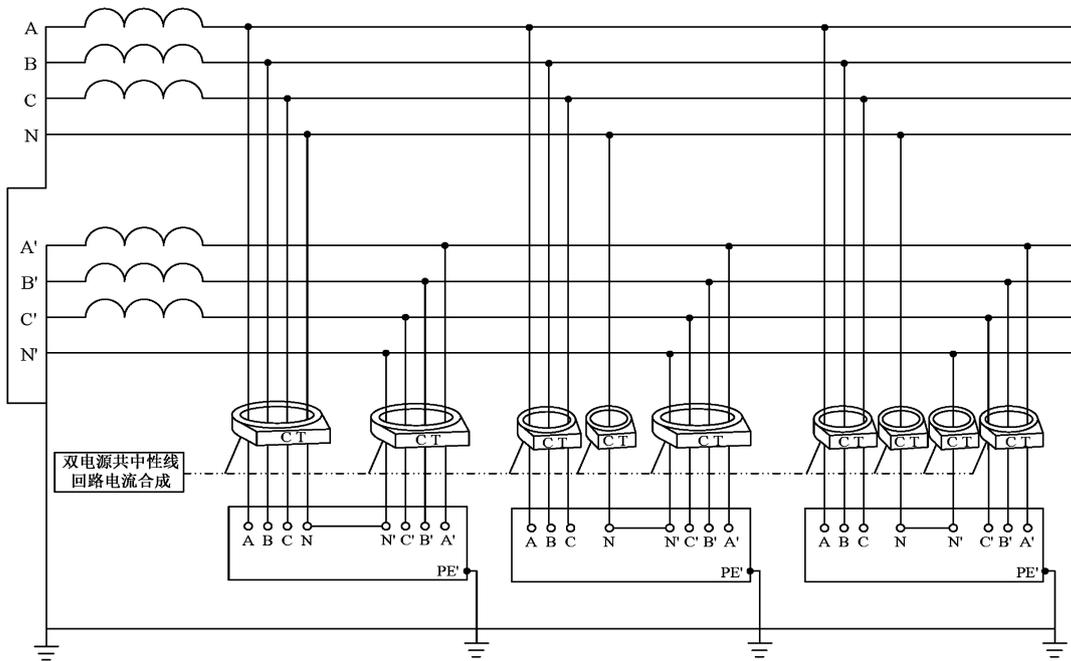
图 D.2 支路相线与中性线的电流合成监测方式

D.2.2 共中性线支路的电流合成

共中性线支路电流矢量合成测量监测时,剩余电流互感器安装测量方式示意图见图 D.3。



a) 支路有独立保护接地线



b) 支路无独立保护接地线

图 D.3 共中性线支路的电流合成监测方式

D.2.3 多台变压器中性点接地处的电流合成

多台变压器中性点接地处电流矢量合成测量监测时,剩余电流互感器安装测量方式示意图见

图 D.4。

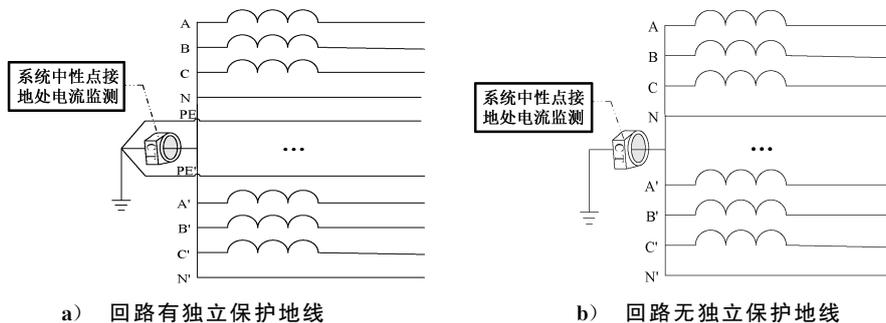


图 D.4 多台变压器中性点接地处的电流合成监测方式

D.3 剩余电流监测布置

D.3.1 在中央配电屏处一点接地的剩余电流监测布置

低压交流系统在中央配电屏处一点接地的剩余电流监测布置示意图,见图 D.5。

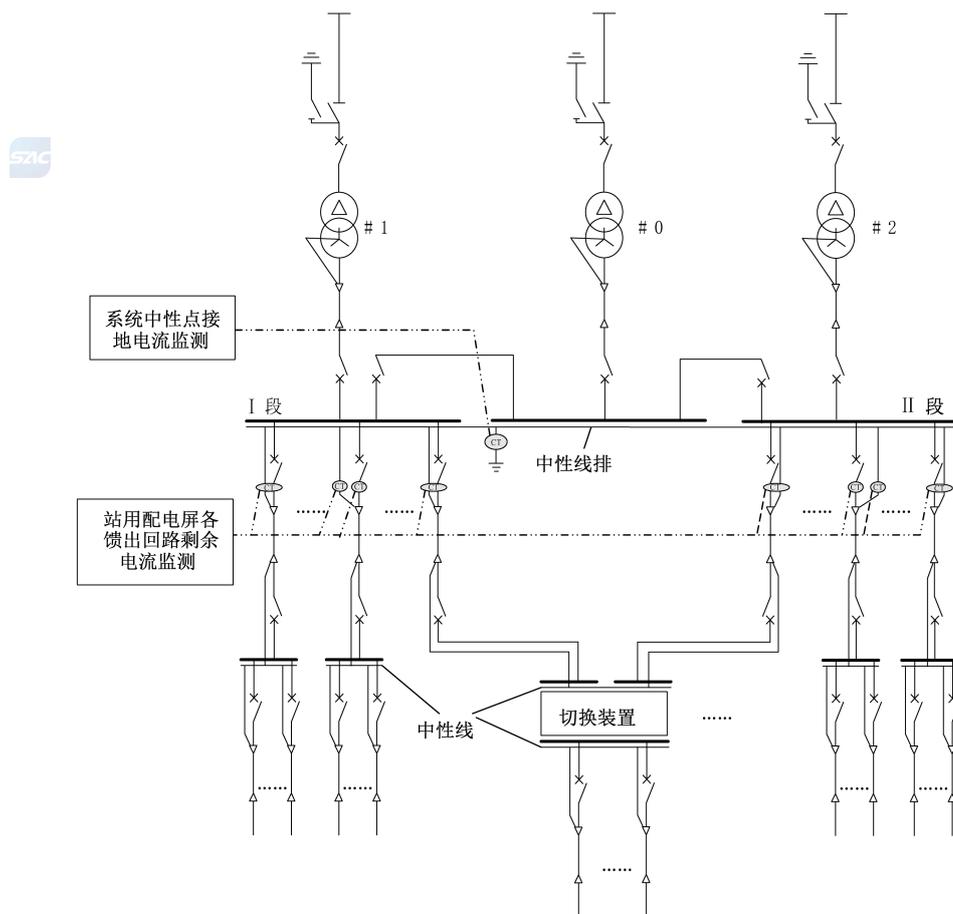


图 D.5 中央馈电屏处一点接地的剩余电流监测布置

D.3.2 低压变中性点分别接地的剩余电流监测布置

低压交流系统在各低压变中性点分别接地的剩余电流监测布置方式示意图，见图 D.6。

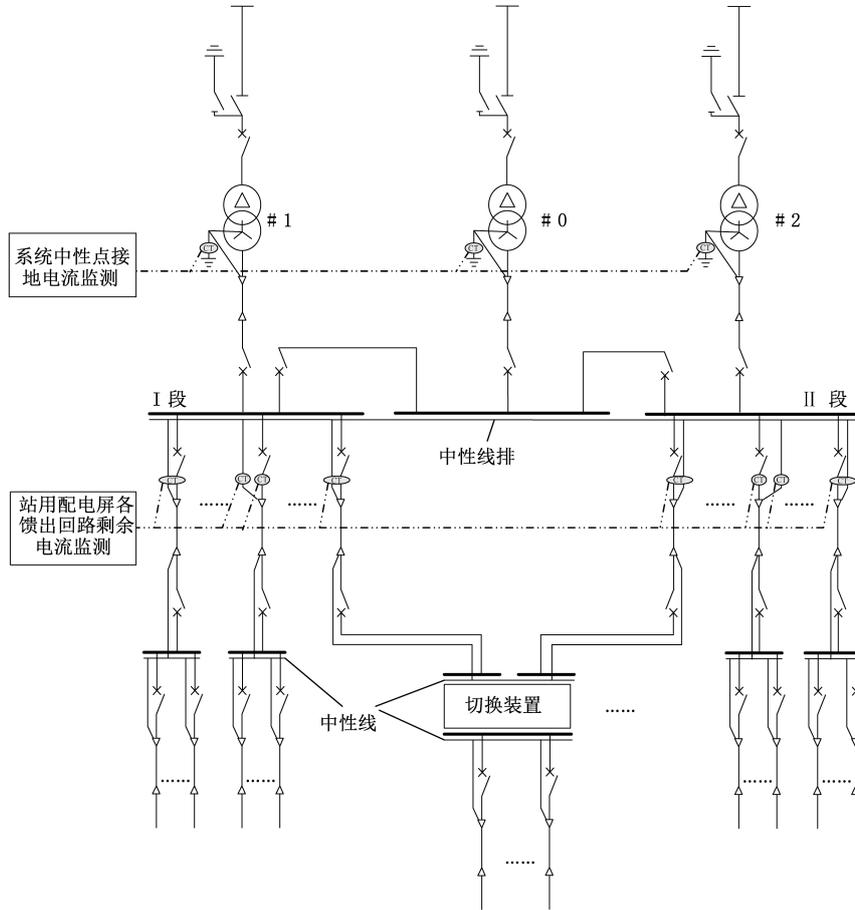


图 D.6 低压变中性点分别接地的剩余电流监测布置

参 考 文 献

- [1] DL/T 1397.6 电力直流电源系统用测试设备通用技术条件 第6部分:便携式接地巡测仪
- [2] DL/T 1397.8 电力直流电源系统用测试设备通用技术条件 第8部分:绝缘监测装置校验仪
-



