



Catalog

“相不对称” PAM (Phase Asymmetry Method)

单相小电流接地故障检测系统

IPS系列





III 目次 / Contents

一、产品研发背景/ Product development background	1
二、技术原理与特点/ Technical principles and features	3
三、产品主要参数/ Product main parameters	6
四、产品选型配置表/ Product selection configuration table	7
五、典型接线示意图、安装示意图/ Typical wiring & installation diagram	9
六、应用案例/ Applications	16
七、电网实地检测试验/ Field test in power grid	20



公司&产品简介/Company & Product Introduction

赫兹曼电力（广东）有限公司是欧洲HM POWER品牌面向全球的制造基地和新的研发中心，主要从事输配电领域的新一代智能配网电力设备的突破性研发、制造；HM POWER的研发总部设立于世界创新技术排名榜首的瑞典；核心研发团队成员均是曾任职于著名跨国公司的资深电气技术专家；在电力行业平均从业经验超过30年，团队专家拥有多项中高压电力领域的国际发明专利。向全球电力用户提供智能环保的新一代电力设备，在电力设备行业应对气候环境问题和建设智能配网提供创新性的解决方案。

IPS接地故障检测系统，作为应对“动态配电网”时代分布式能源产生多向潮流的风险，“可切断从极小接地电流故障到极大短路电流故障的所有故障的自愈系统解决方案”的核心技术组成部分，由HMPOWER公司于2004年研制成功，经欧洲电网、中国电网十多年的应用，已大批量运行于国内、外电网，解决电网迫切的需求。

瞬态快速判断的新型高可靠故障检测系统，核心PAM算法（Phase Asymmetry Method）高精度捕捉小至0.5A接地故障。

根据行业数据，近75%的电力用户停电由中压配电网造成，其中70%以上是单相接地故障导致，高可靠单相接地故障检测系统应用于配电自动化系统建设，配电网的停电事故至少可以减少50%，大幅提高供电可靠性。

一、产品研发背景/Product development background

1、研发背景/Development background

近年，计算机技术的广泛应用和互联网信息高速发展，全球进入信息经济时代，中国作为世界第二大经济体，全球最大的工业制造国家，国家发改委、能源局启动现代《配电网的改造与建设的行动计划》，追求建设供电可靠性较高的世界一流配电网。

国家电网公司企业标准（Q-GDW10370-2016）《配电网技术导则》2017年3月24日发布标准第5.8.

6条：带接地故障运行两小时已经不适应配电网安全稳定运行的要求，应就近快速隔离故障。



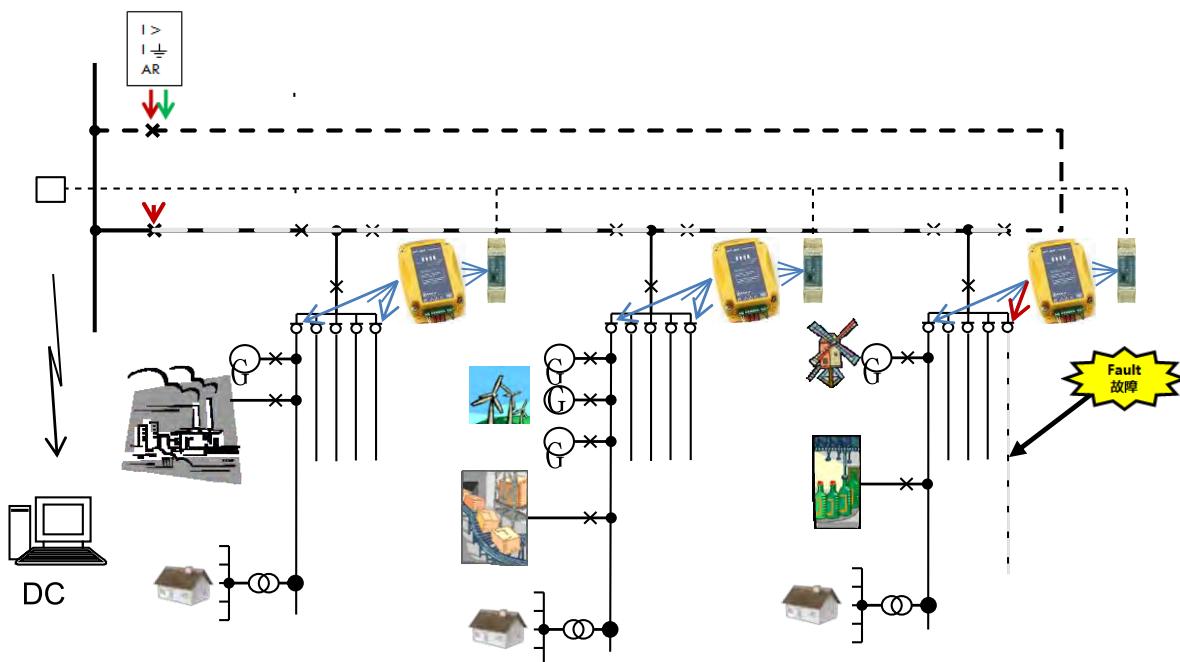
- 1、我国一直沿用原苏联的规定与标准，在单相接地故障发生时允许系统带故障运行2小时。
- 2、很多短路故障是由单相接地故障引起的，单相接地故障的过电压造成相间短路故障，引起安全事故频繁发生。
- 3、单相接地故障也会造成人身伤亡事故。
- 4、单相接地故障的处理过程需要通过选线或人工拉路的方式找到故障线路，由于选线装置应用效果不佳，人工拉路造成非故障线路短时停电，在进一步查找接地故障区段的过程又需要逐段线路停电，所以带接地故障运行并没有提高供电可靠性，相反还造成非故障区域的连带停电，反而降低了可靠性。
- 5、单相接地故障中瞬时接地故障占比最高，尤其在中国配电网运行环境下，瞬时接地故障占比更大，所以在设计跳闸时间时，应考虑躲过瞬时接地故障。

2、小电流接地故障检测 —— “世界难题”

Small-current earth fault detection - "worldwide problem"

小电流接地系统具有供电可靠性高，故障时对设备冲击小的特点，在中国配电网中应用广泛。但配电网单相接地故障十分频繁，影响系统的安全运行，导致设备损坏，同时直接影响供电可靠性。而小电流接地系统又以中性点不接地或经消弧线圈接地为主，其接地电流十分微弱（ $\leq 10A$ ），传统的 小电流接地检测装置难以检测，故小电流接地故障检测被称为“世界难题”。

“世界难题解题者” — 赫兹曼电力 (HMPower) 全球技术团队研发接地故障检测系统，通过核心算法 PAM (Phase Asymmetry Method) 专利技术，经过多年研究，取得成功。有效、准确、快速检测单相小电流接地故障检测问题，经欧洲电网、中国电网的实地验证，成功在上述电网批量应用。

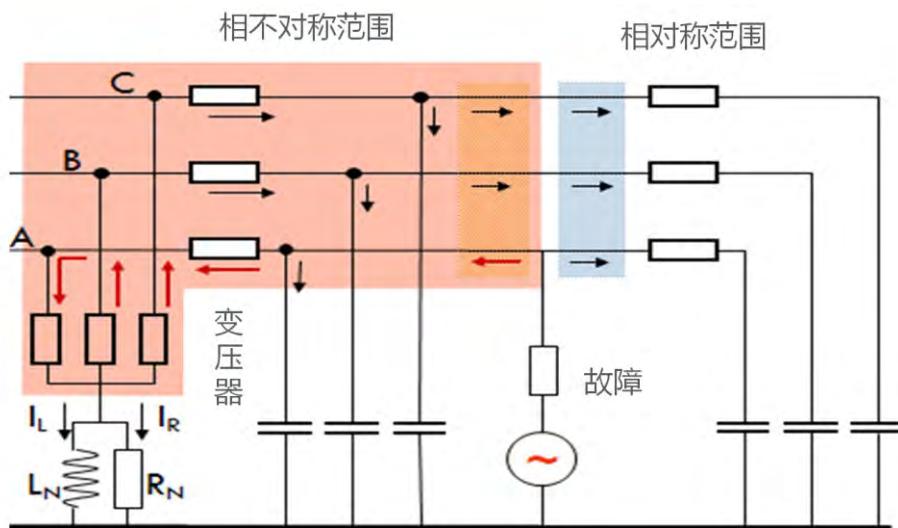


接地故障检测系统保证故障快速定位、可快速隔离，减少对发电和“重要”负荷的干扰。

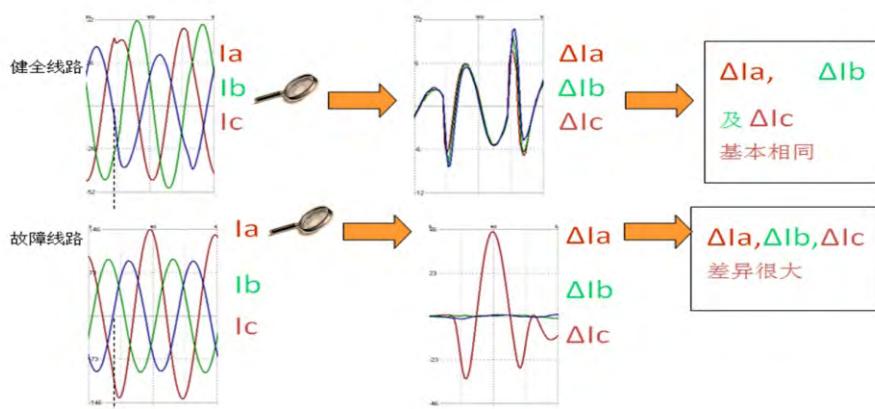
二、技术原理与特点 / Technical principles and features

1、技术原理/Technical principles

IPS接地故障检测装置技术基于瞬态检测技术的新型高可靠性故障检测装置。核心算法为PAM (Phase Asymmetry Method)。



发生接地故障瞬间，线路所有的电容电流都经接地点流向故障线路。



在健全区域和故障区域，三相电流PAM算法可以保证接地故障检测精度和准确性。

PAM算法原理：

PAM算法（Phase Asymmetry Method）为“三相电流相不对称”算法，当发生接地故障时，故障电流经故障点流向故障线路，故障点后的线路则没有故障电流通过。而且发生故障瞬间，电网电流发生突变，故障区域三相电流值变化很大，而非故障健全区域的三相电流值变化很小，波形近似。根据上述三相电流相不对称特征，PAM算法可准确的判断和定位故障区域。

2、技术特点/Technical features

➤ 只需测量三相电流

不需要检测零序电压

➤ 灵敏度高，可有效的检测高阻接地故障

接地电阻高达8000欧姆。

➤ 检测与负荷电流无关

负荷的变化是自然、对称变化的。

➤ 检测与系统消弧线圈调谐情况无关

电网系统消弧线圈的调谐情况不会影响装置的测量结果。

➤ 与系统对地电容无关

电网系统的馈线长度、分布和对地电容的大小等，不会影响测量。

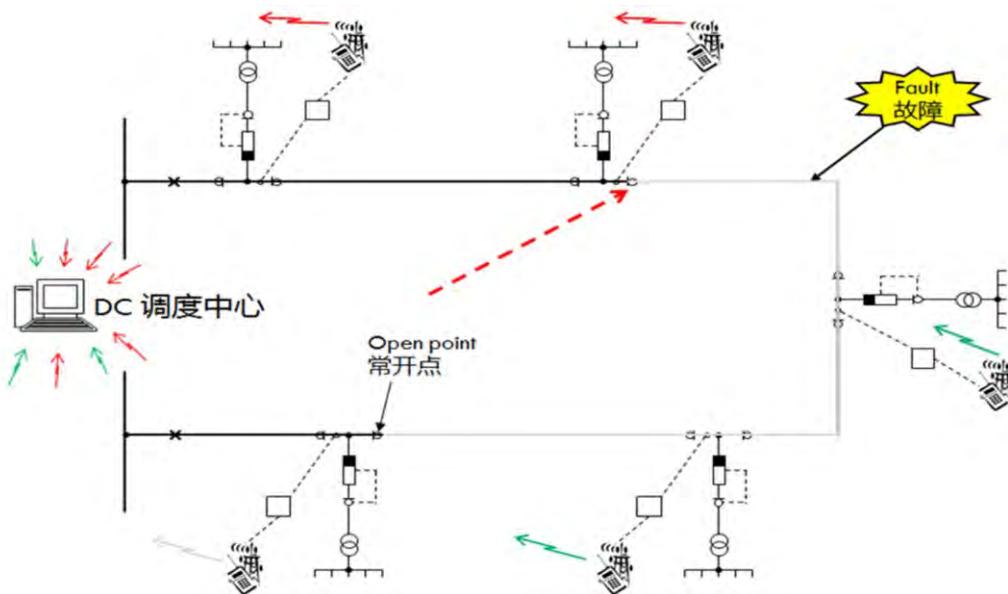
➤ 故障实时检测

检测时间≤60ms。

3、配合配网自动化使用/With distribution automation

PAM 单相小电流接地故障检测装置，瞬态快速判断故障检测系统，应用于配电自动化系统建设。

适应“动态配电网”时代高供电可靠性需求，可配合“极小接地电流故障到极大短路电流故障”的配电解决方案。



➤ 故障实时检测

检测时间≤60ms。

➤ 故障信息上传配电终端

➤ 配电终端根据逻辑关系断开故障线路两端断路器

➤ 网络备自投恢复非故障区域供电

➤ 通过无线通讯把故障处理结果上报后台主站

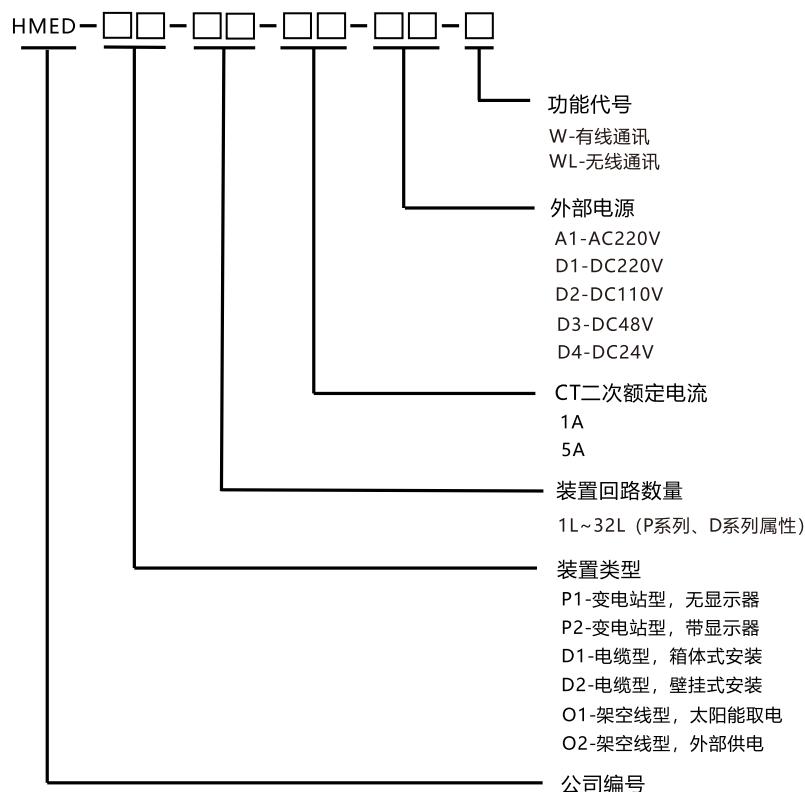
三、产品主要参数/Product main parameters

项目	参数
工作环境	工作温度: -25°C~+55°C
	相对湿度: ≤95
	海拔高度: ≤2000m
检测精度	<ul style="list-style-type: none">● 最小检测电流: 0.5A● 最大接地阻抗: 8000Ω
复归	<ul style="list-style-type: none">● 自动复归 (在0~48h区间内, 可自由调整)● 手动复归● 远程复归
使用寿命	≥15年
电源	AC220V或DC12V、DC24V
外形尺寸	199*126*66 (mm) (IPS核心检测单元)
通信	IEC 60870-5-101协议 (配合通讯管理机可满足多种协议)
适用范围	<ul style="list-style-type: none">● 中性点不接地系统● 经消弧线圈接地系统● 小电阻接地系统

四、产品选型配置表/Product selection configuration table

可选 配置	变电站型 (无显示器)	变电站型 (带显示器)	电缆型 (箱体式安装)	电缆型 (壁挂式安装)	架空线型 (太阳能取电)	架空线型 (外部供电)
	HMED-P1	HMED-P2	HMED-D1	HMED-D2	HMED-O1	HMED-O2
IPS核心检测单元	√	√	√	√	√	√
高亮LED告警灯	√	√	√	√	√	√
外部复归按钮	√	√	√	√		
电源指示灯	√	√	√	√	√	√
电源管理模块	√	√	√	√	√	√
后备电源	√	√	√	√	√	√
电流互感器					√	√
太阳能电池板					√	
通讯模块	√	√	√	√	√	√
国网标准屏柜	√	√	√			
壁挂式安装箱体				√		
柱上式安装箱体					√	√
显示屏		√				

产品型号说明:



IPS2 基础型
(环网柜型)



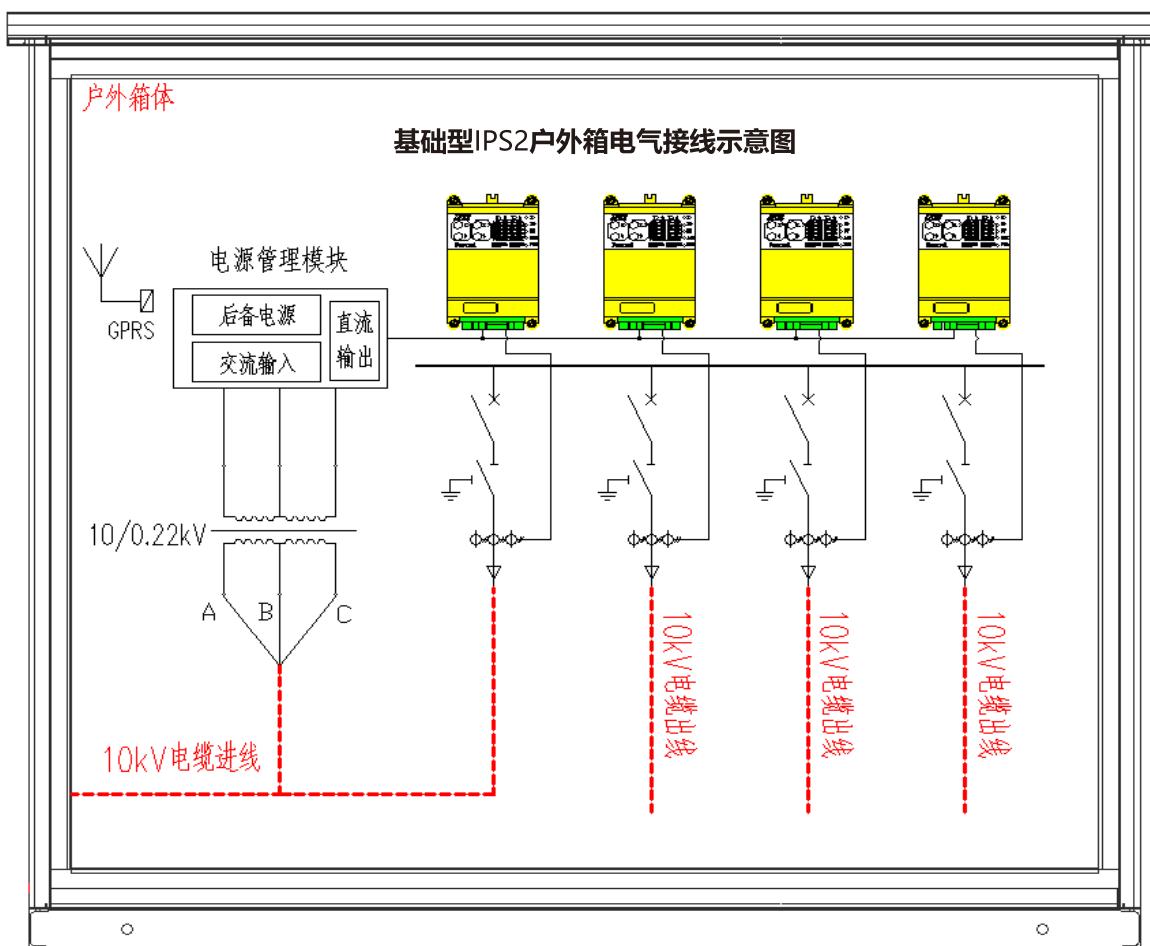
HMED-O系列
架空线型

HMED-P系列
变电站型

五、典型接线示意图、安装示意图/

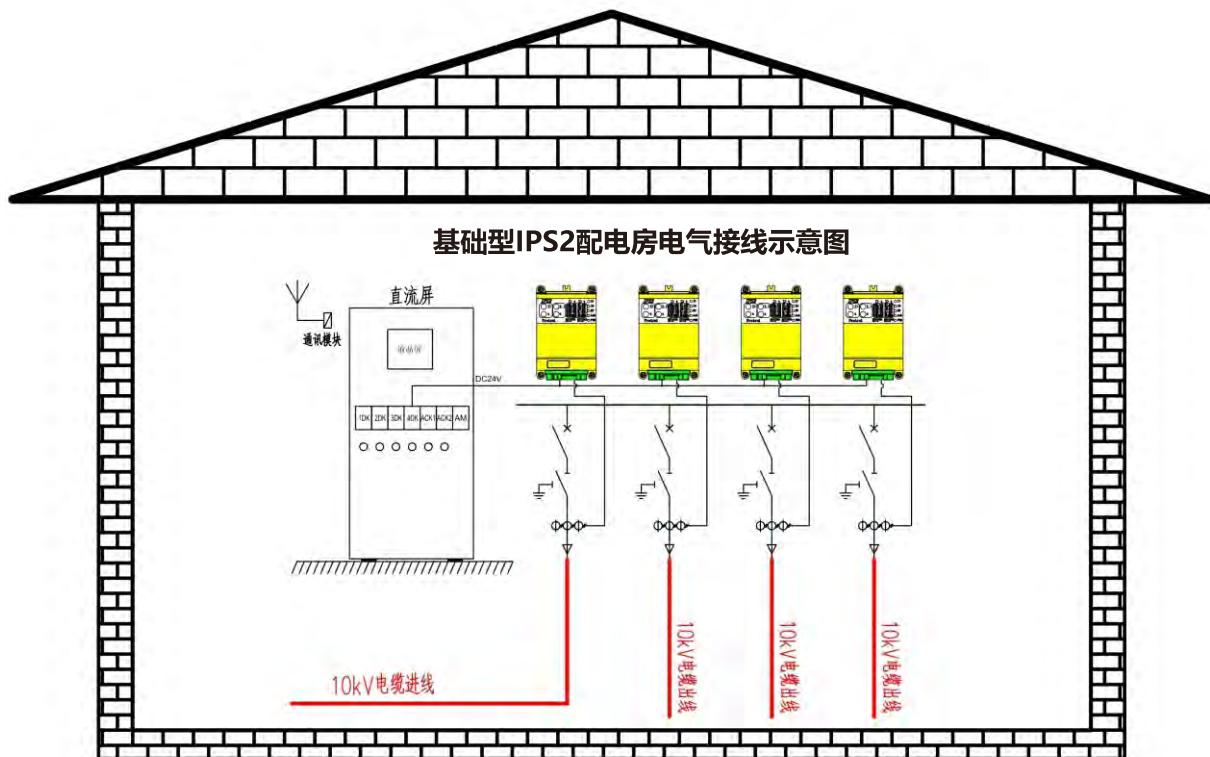
Typical wiring diagram & installation diagram

1、基础型IPS2户外箱电气接线示意图



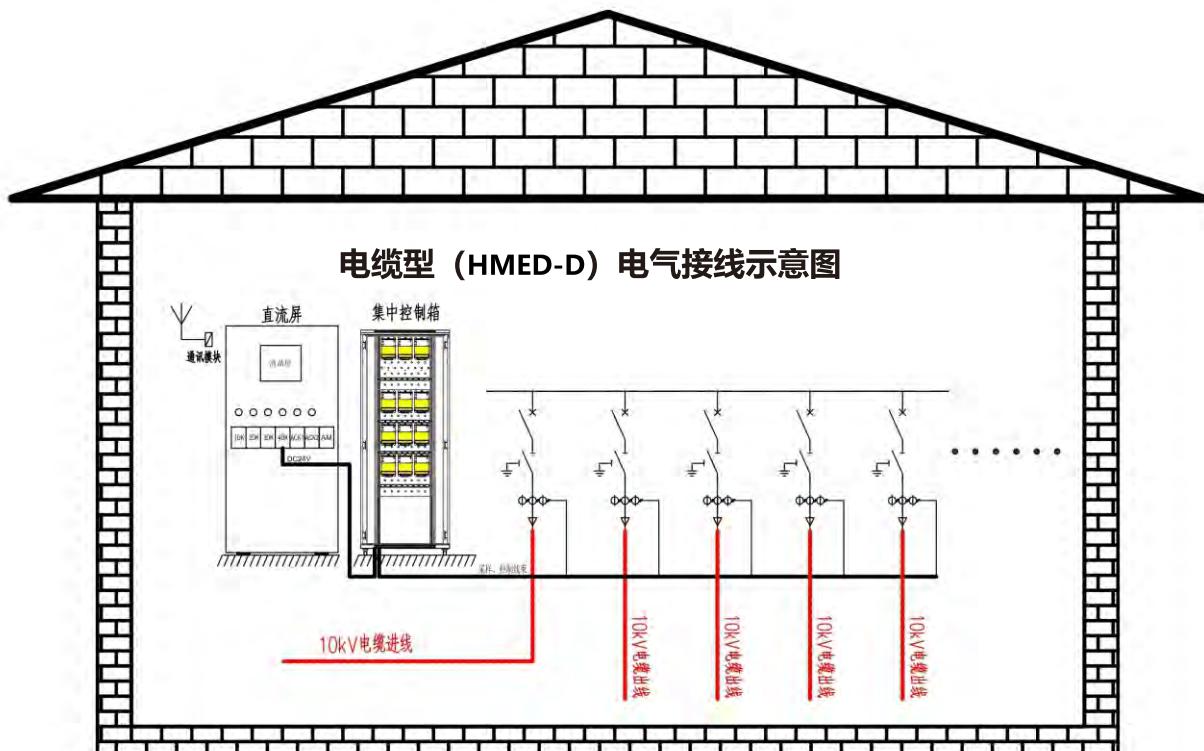
基础型IPS2安装于户外环网箱、户外开闭所里面，安装位置根据箱体内空间情况具体布置，电源取自一次系统线路PT，三相电流取自线路CT。具有告警/动作继电器输出干接点。当发生故障后，高亮告警灯发出告警信号，可同时选择跳闸开关隔离故障，支持无线通讯或者光纤通讯方式，上传故障信息到后台主站，通知运维人员。

2、基础型IPS2配电房电气接线示意图



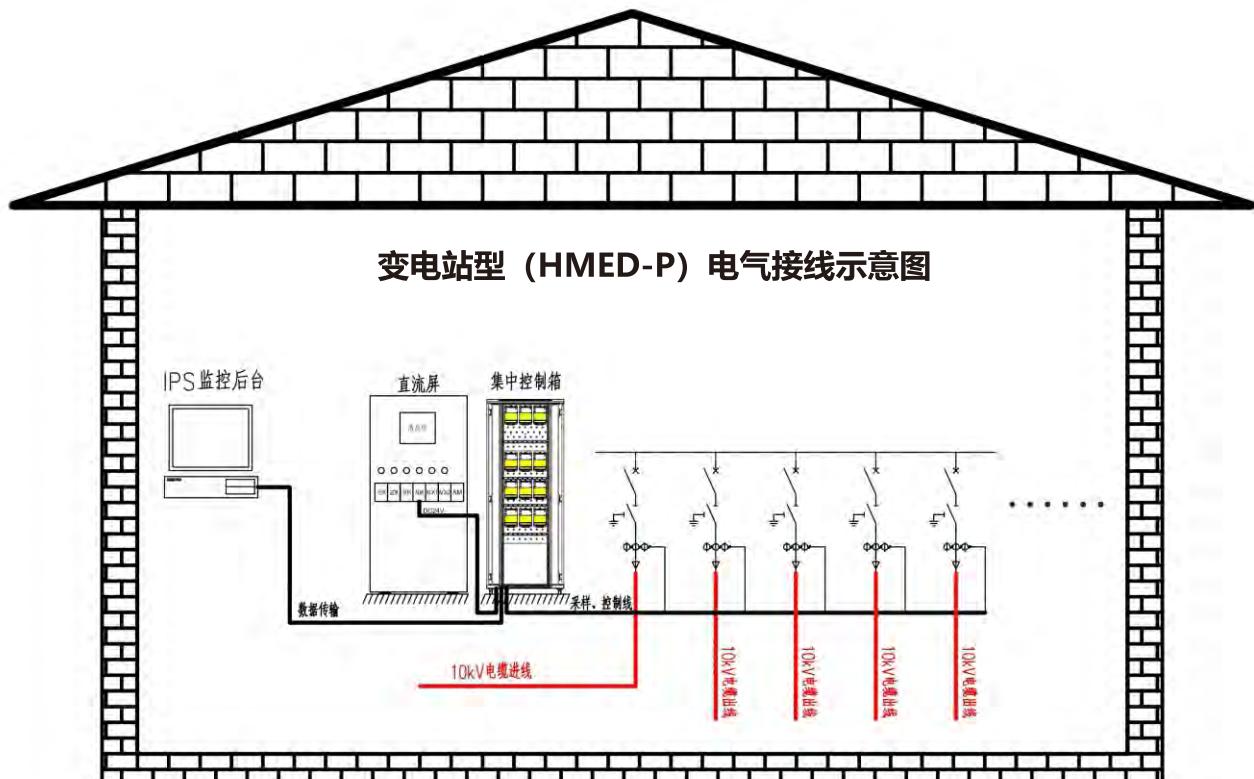
基础型IPS2分散安装于配电房、开关站里面对对应的开关柜二次室内。电源取自配电房内直流屏，三相电流取自线路CT。具有告警/动作继电器输出干接点。当发生故障后，高亮告警灯发出告警信号，可同时选择跳闸开关隔离故障，支持无线通讯以及光纤通讯方式，上传故障信息到后台主站，通知运维人员。

3、电缆型 (HMED-D系列)



电缆型 (HMED-D系列) 置于配电房、开关站里面，集中安装在立地式的IPS控制箱内，电源取自电房内直流屏，三相电流取自线路CT。具有告警/跳闸继电器输出干接点。当发生故障后，高亮告警灯发出去告警信号，可同时选择跳闸开关隔离故障，支持无线通讯以及光纤通讯方式，上传故障信息到后台主站，通知运维人员。

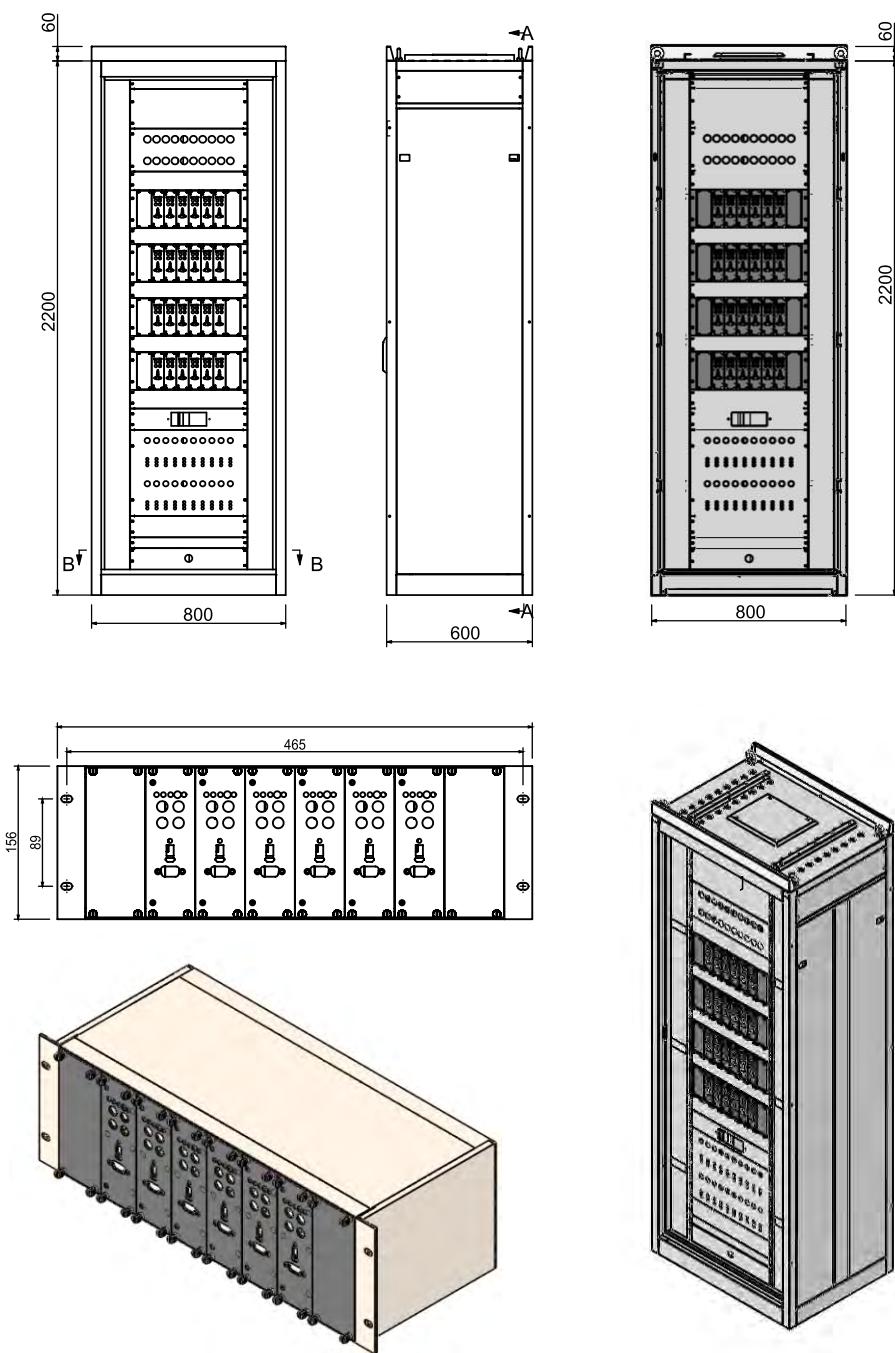
4、变电站型 (HMED-P系列)



变电站型 (HMED-P系列) 适用于变电站内，集中安装于立地式的IPS控制箱里。电源取自变电站直流屏，三相电流取自线路CT。具有告警 / 跳闸继电器输出干接点。当发生故障后，高亮告警灯发出告警信号，可同时选择跳闸开关隔离故障。

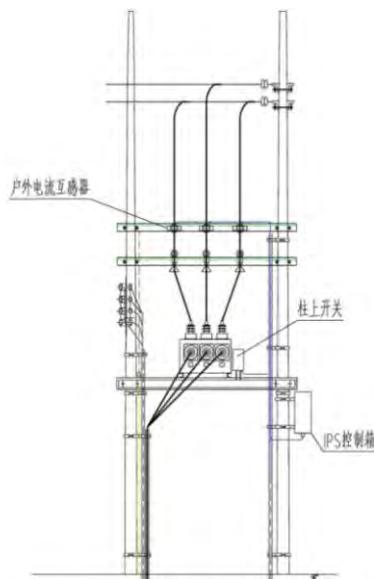
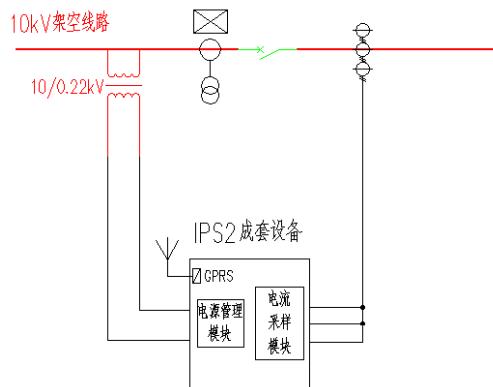
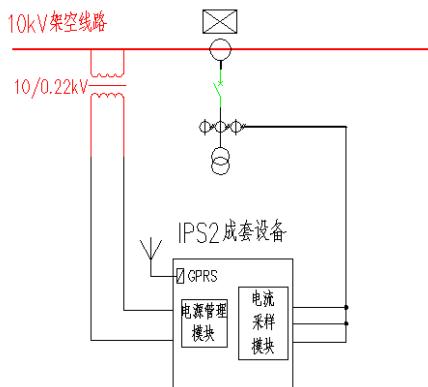
配置通讯设备和后台，可在控制屏直观监测整个系统的状态，并可实时接收记录电流信息、故障信息等。

备注：变电站选线型（标准屏柜）安装、使用图

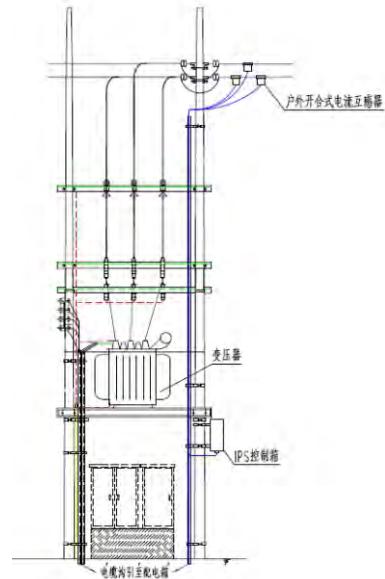


变电站选线型(IPS装置及标准屏柜)

5、架空线型 (HMED-O系列)



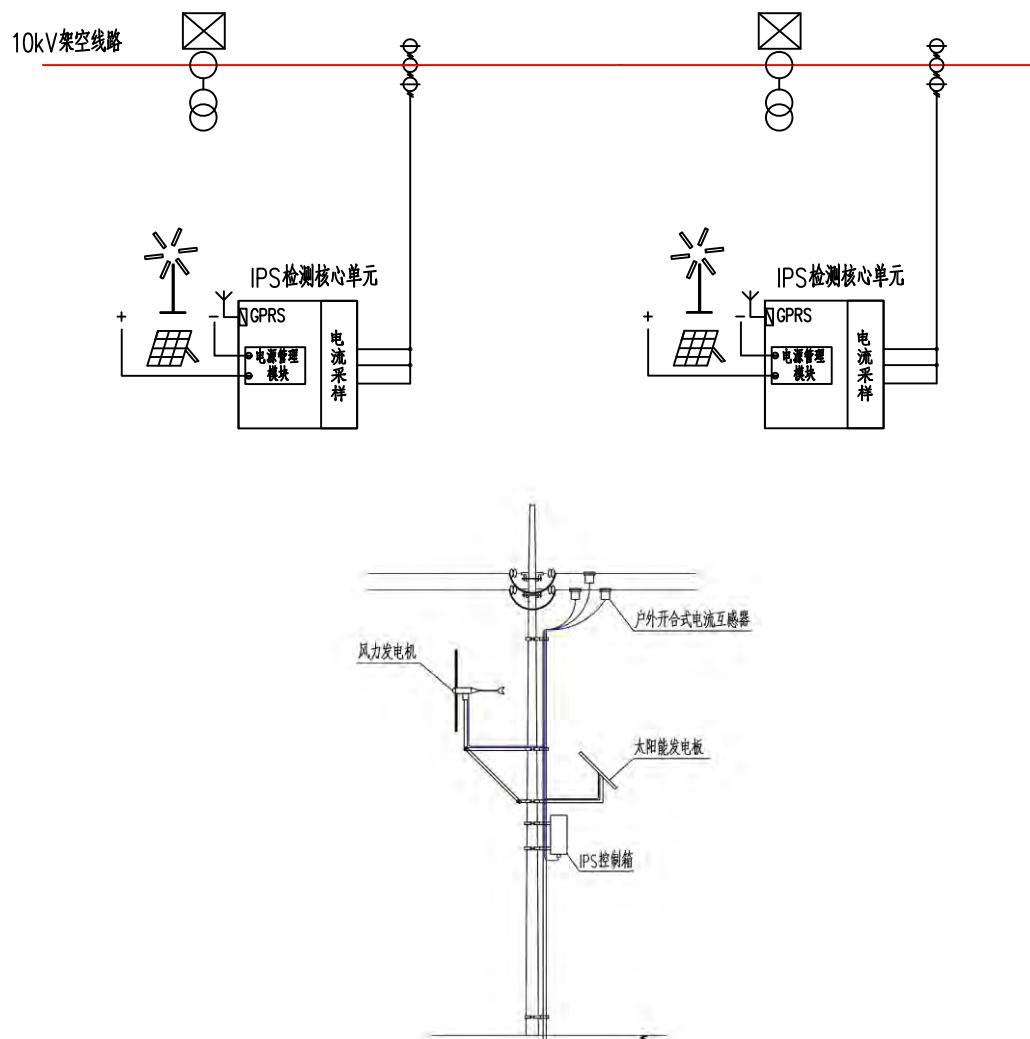
检测架空线分支线路接地故障



检测架空线主干线路接地故障

架空线型(HMED-O系列) 适用于架空线路带有断路器/负荷开关的架空线路上，需要接入交流220V电源以及三相电流采样信号。当发生故障后，高亮LED告警灯发岀告警信号，可同时控制柱上断路器跳闸隔离故障，也可选装GPRS无线通讯设备，上传故障信息到后台主站，通知运维人员。

6、架空线型 (HMED-O系列)



利用风能、太阳能提供电源

架空线型(HMED-O系列) 适用于架空线路无断路器/负荷开关的架空线路上，采用太阳能/风能取电，需要三相电流采样信号。当发生故障后，高亮LED告警灯发出告警信号，可同时选装GPRS无线通讯设备，上传故障信息到后台主站，通知运维人员。

六、应用案例/Applications

IPS2小电流接地检测装置架空线路型产品



IPS2小电流接地检测装置变电站选线型产品



案例1：IPS2小电流接地检测装置在辽宁省朝阳市66kV西郊变电站的应用

为建立健全单相接地故障分析与管控体系，实现“瞬时故障安全消弧、永久故障快速隔离”，全面提升配电网单相接地故障快速处置能力，保障人身安全、设备安全和可靠供电。2019年4月22日，国网朝阳供电公司66千伏西郊变IPS小电流接地保护装置成功投入运行，配电网单相接地故障快速处置工作在辽宁公司试点成功。



变电站型IPS小电流接地保护装置已在国网朝阳供电公司66千伏西郊变站投入使用，其保护范围覆盖18条10千伏线路，装置保护功能全部启用，跳闸压板暂为退出状态。当发生10千伏系统接地故障时，IPS小电流接地保护装置将故障选线信息发送至调度端，调度人员可以此为依据进行遥控拉路。IPS小电流接地保护装置投运后2个月内，成功检测接地故障3次，调度监控系统信息与现场查明故障点信息均核对一致，直接验证了小电流接地保护装置动作的正确性，选线正确率100%（具体报道详见“国网辽宁电力”公众号文章，网址：<https://mp.weixin.qq.com/s/oceKRfY3XSz2qZck3qqeoQ>）



案例2：IPS2小电流接地检测装置在沈阳自贸区智能分布式配网自动化示范工程的应用

沈阳自贸区智能分布式配网自动化系统为高可靠的“零停电”自愈系统。短路故障采用光纤差动保护进行快速隔离并恢复供电，接地故障采用基于“相不对称”算法的 IPS 装置进行检测，可检测出极小的接地故障电流。项目在投运前进行了多次实地高阻接地故障检测试验，IPS 装置均正确可靠动作。2017年9月进行现场项目汇报时，IPS “相不对称”接地检测新技术引起了国网总经理寇伟等一行领导的关注，右下图为手持 IPS 小电流接地故障检测装置的国网总经理寇总正在听取辽宁电科院技术人员汇报相关试验情况。



案例3：IPS2小电流接地检测装置在天津空港物流园配网自动化项目的应用

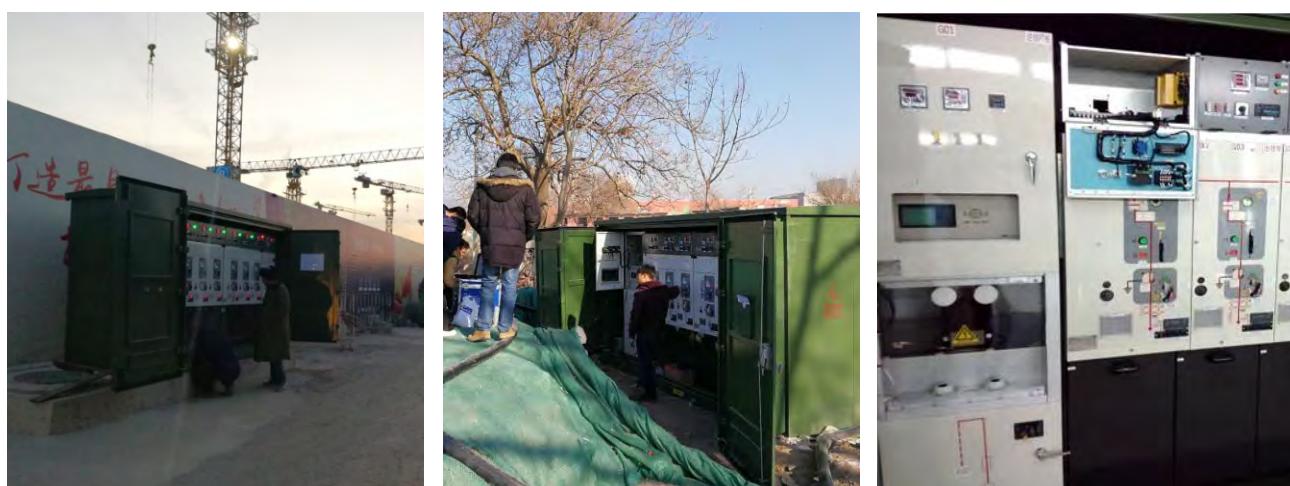
天津空港物流园配网自动化配电系统为“花瓣型”的高可靠的闭环运行供电系统，真正意义上实现了非故障区域的零停电。系统中，所有馈出线均安装了IPS小电流接地故障检测装置，极大提高了系统的供电可靠性。



案例4：IPS2小电流接地检测装置在北京2020年冬奥会高山滑雪项目配电工程的应用：



案例5：IPS2小电流接地检测装置在北京北辛安配网自动化项目的应用：



案例6：IPS2小电流接地检测装置在海南三亚配网自动化项目的应用：

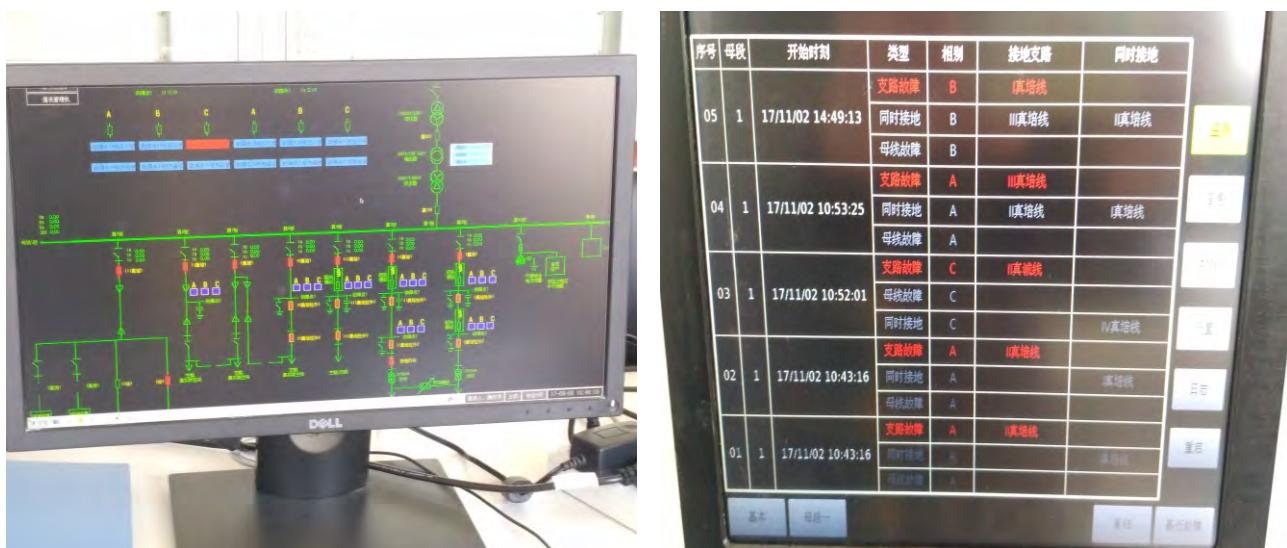


七、电网实地检测试验 / Field test in power grid

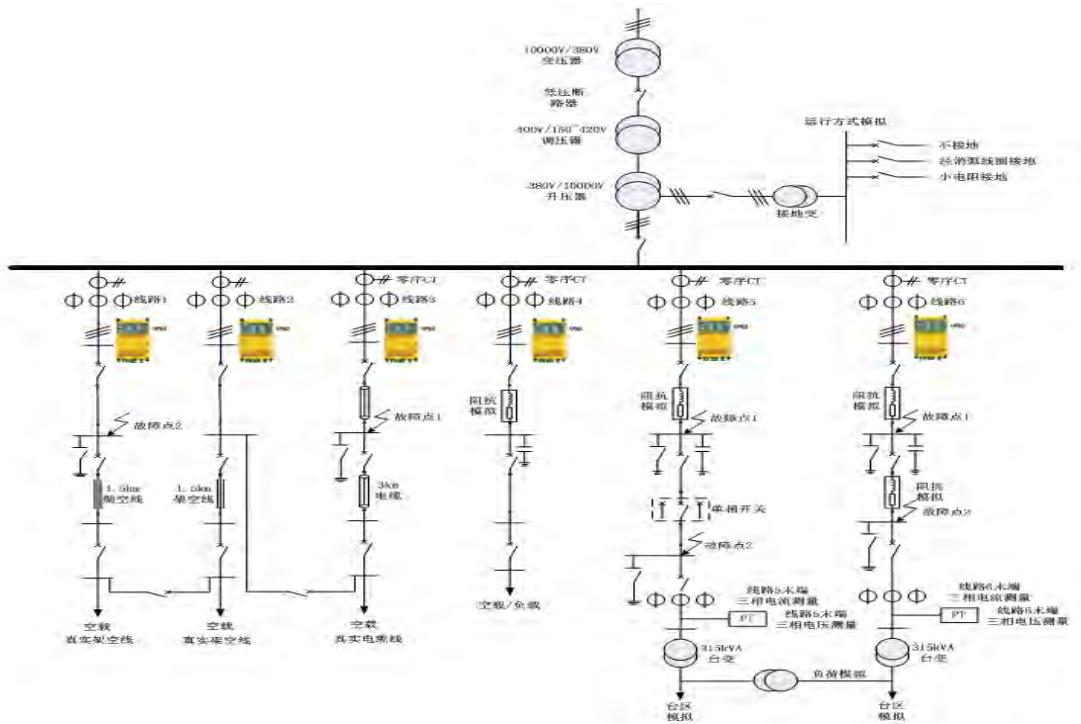
1、国家电网公司：漯河真型试验场试验（2017年9月、11月）



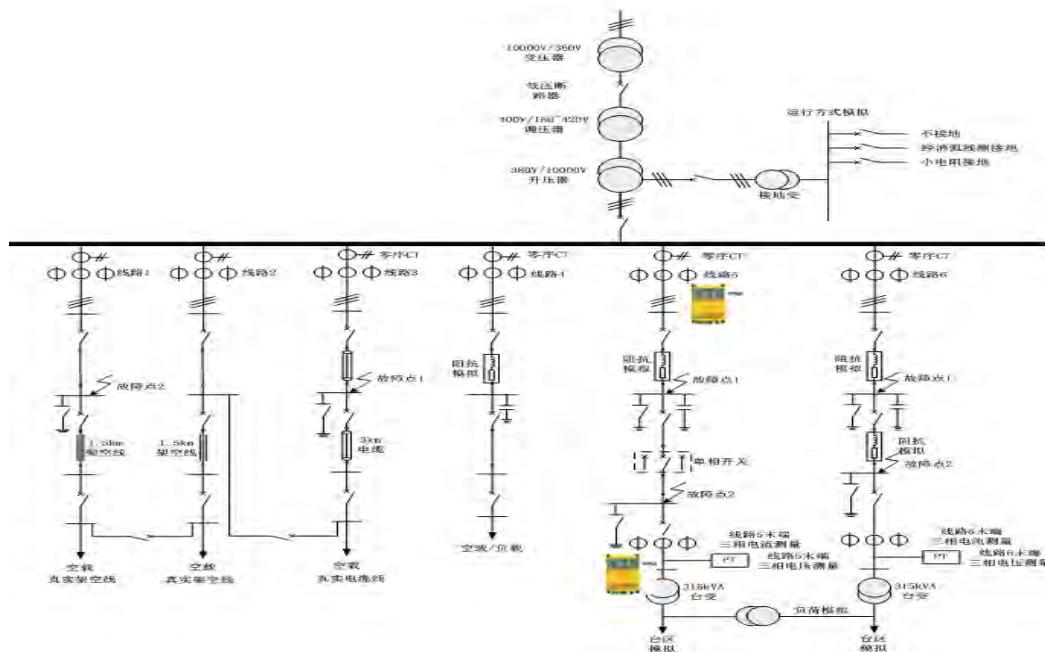
真型试验场一次系统接线图及现场设备



后台软件查看测试结果



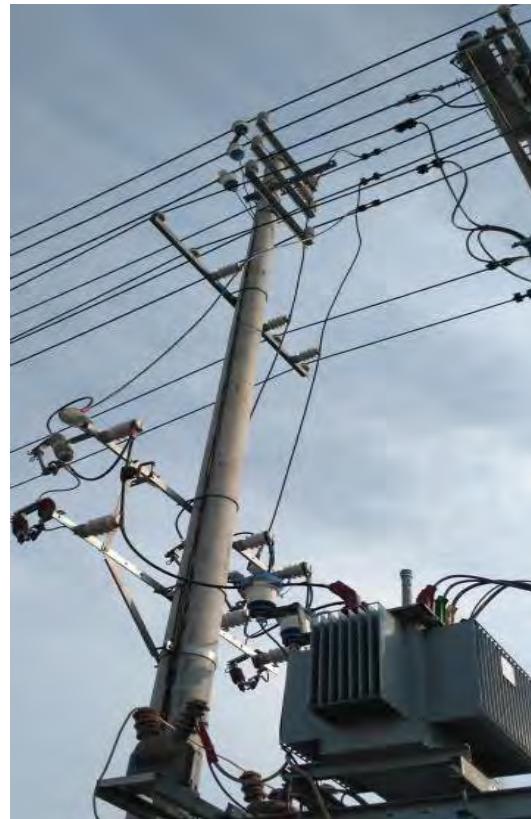
真型试验模型：在6条线路中选线



真型试验模型：在同一条线路中选段



IPS2装置在真型试验中电气接线



真型试验中的10kV架空线路

- ◆ 国家真型试验场《“相不对称法”单相接地故障检测装置测试工作报告》：
 - 在中性点经低电阻接地系统中，IPS2装置对高达5000欧姆过渡电阻的接地故障检测正确率为100%；对电弧类接地故障检测正确率为100%。
 - 在中性点经消弧线圈接地系统中，IPS2装置对高达5000欧姆过渡电阻的接地故障检测正确率为100%；对电弧类接地故障检测正确率为100%。
 - 在中性点不接地系统中，IPS2装置对高达5000欧姆过渡电阻的接地故障检测正确率为97%，准确检测8000欧姆高阻接地故障，最高可检测出12000欧姆的高阻单相接地故障。
 - 故障信息快速检测，“零延时”上传后台主站，加快故障隔离速度。
 - 测量环境变化的时候，参数不需要调节，使用方便简单。

2、许昌开普实验室检验报告



检 验 报 告

No: JW162821



样品名称 故障指示器

样品型号 IPS2

委托单位 赫兹曼电力（广东）有限公司

制造商 赫兹曼电力（广东）有限公司

签发日期 2017年01月18日



No: JW162821

<p>样品名称： 故障指示器</p> <p>样品型号： IPS2</p> <p>样品规格： 电源回路：DC24V 交流回路：AC100A 50Hz</p> <p>样品数量：1</p> <p>样品编号： YPJW162821</p> <p>检验地点： 许昌开普检测技术有限公司</p>	<p>委托单位： 赫兹曼电力（广东）有限公司</p> <p>委托单位地址： 广东省佛山市顺德区大良五沙新悦路 20 号 D 座</p> <p>制造商： 赫兹曼电力（广东）有限公司</p> <p>制造商地址： 广东省佛山市顺德区大良五沙新悦路 20 号 D 座</p>
检验日期：2016 年 12 月 27 日~2016 年 12 月 28 日	
<p><input checked="" type="checkbox"/> 委托检验 <input type="checkbox"/> 认证检验 <input type="checkbox"/> 许可证检验 <input type="checkbox"/> 监督检验 <input type="checkbox"/> 其它</p>	
<p>检验依据： GB/T 7261-2016 继电保护和安全自动装置基本试验方法 Q/GDW 436-2010 配电线路故障指示器技术规范 IPS2 型故障指示器技术条件和检测规范（判定依据）</p>	
<p>检验结论： 根据本报告描述的检验结果，本实验室声明所检项目满足检验依据的要求。</p>	
<p>签发人：李亚萍 检验检测专用章 李亚萍 签发日期：2017 年 01 月 18 日</p>	
备注：/	

Ver 6.0

第 1 页 共 4 页

■ 许昌开普实验室检验报告结论：

- IPS2 小电流接地故障检测装置电气性能合格，满足配电线路故障指示器技术规范的内容及要求。
- IPS2 小电流接地检测装置能检测到正常线路中有单相一次电流突变（最小至 0.5A）时，能正确发出告警/动作信号。

3、南方电网公司（2014年9月25日，2015年1月16日）

在佛山市高明区选取架空线路进行实地接地试验：



接地开关与高阻模型

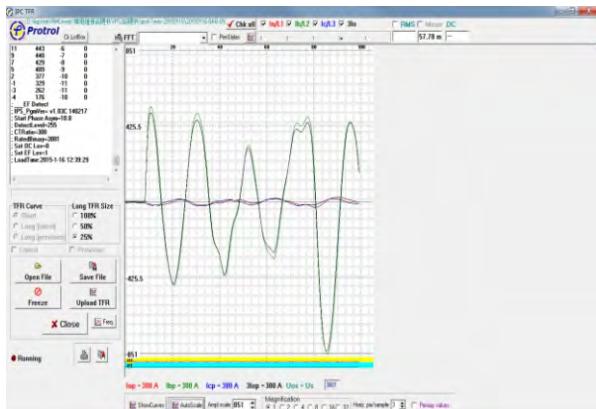


检验现场

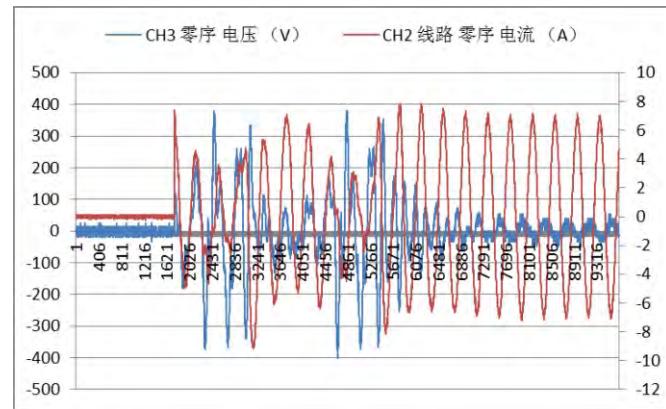
■ 《10kv消弧线圈接地系统架空线和电缆混合线路单相接地故障检测试验》结论：

- 根据试验结果，全部接地故障IPS检测准确。通过IPS检测装置和试验站高精度测试记录仪器的检测结果对比，试验波形数据完全一致。
- 在中性点经消弧线圈系统中，IPS2检测装置可准确检测出高阻阻值为1000欧姆，3000欧姆，6000欧姆的高阻接地故障。
- IPS检测装置性能优于现有的接地故障检测装置，特别是高阻接地故障时，远优于现有设备。

正确检测1000欧姆高阻接地故障：

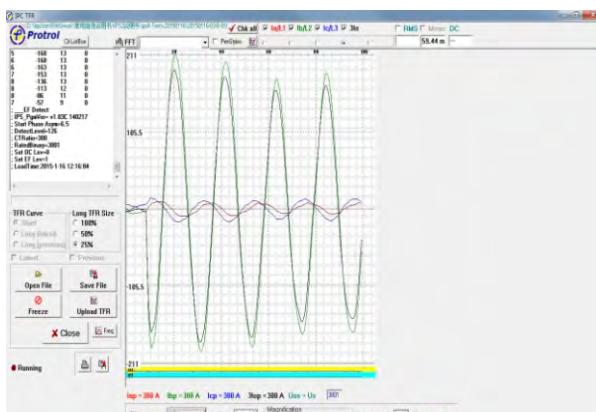


IPS2装置录波

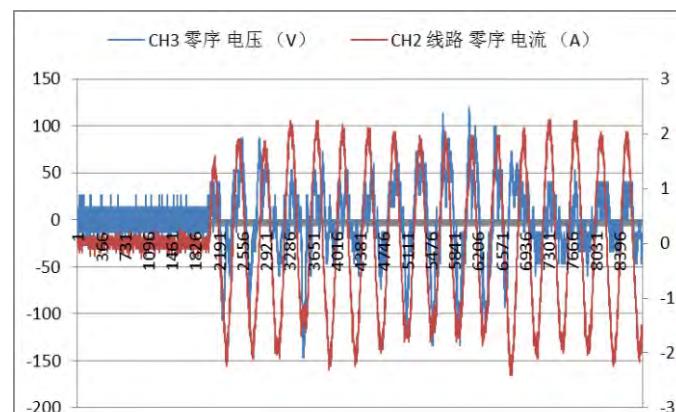


变电站录波

正确检测3000欧姆高阻接地故障：

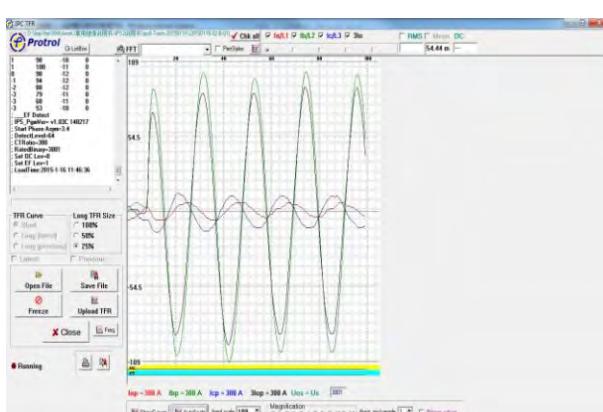


IPS2装置录波

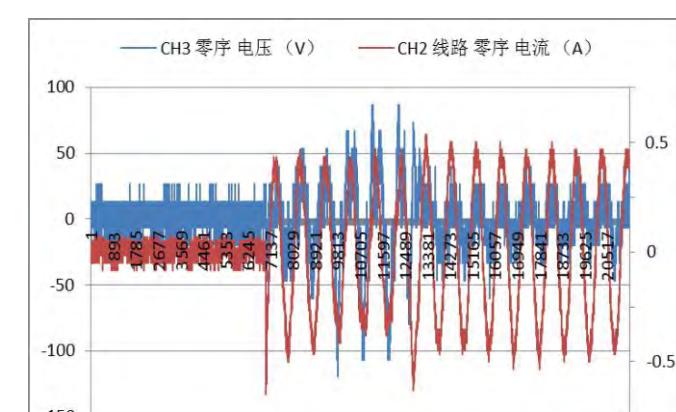


变电站录波

正确检测6000欧姆高阻接地故障：



IPS2装置录波

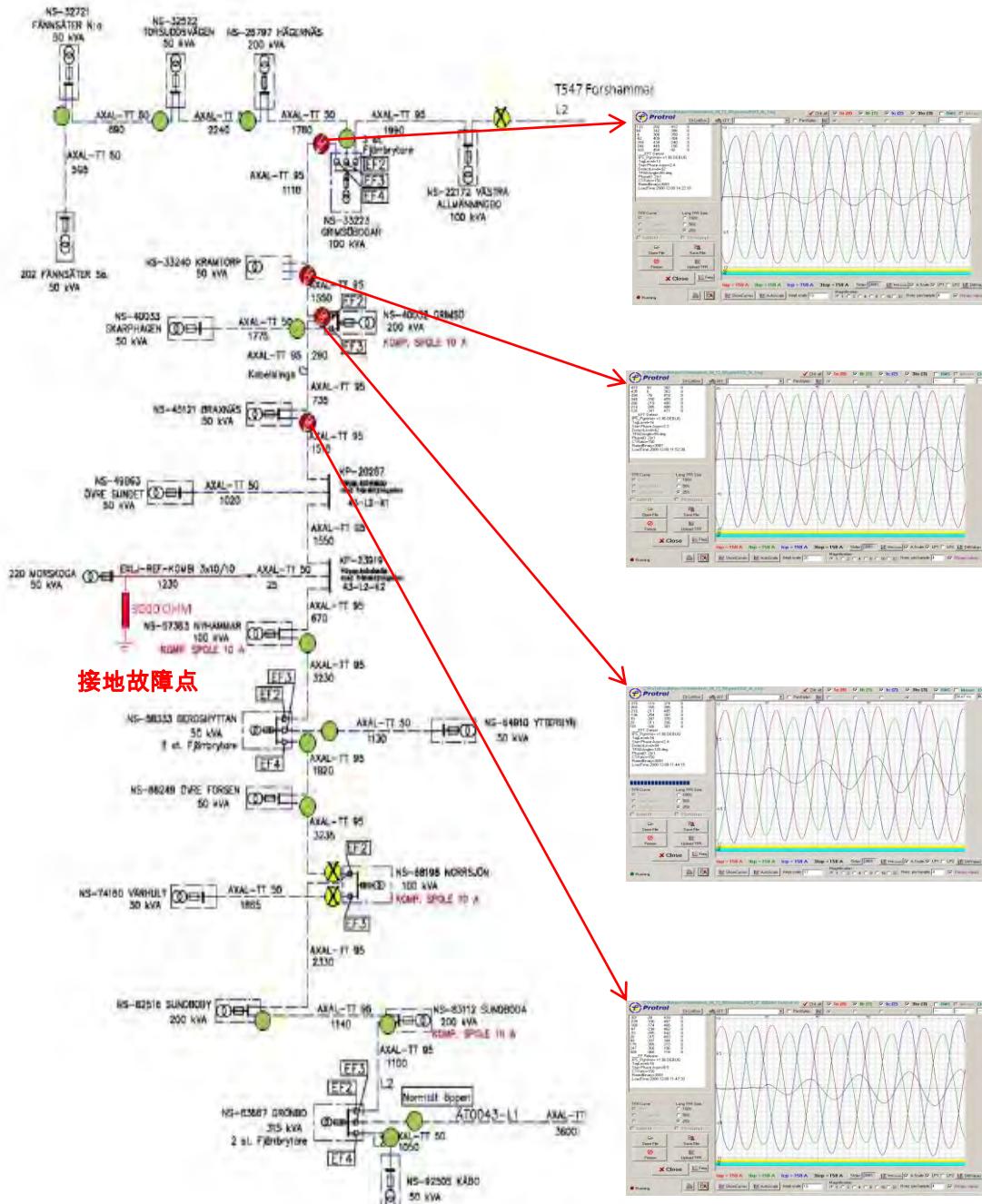


变电站录波

4、瑞典试验



瑞典实地试验电气接线及现场作业



瑞典试验线路图拓扑图及每个故障点的故障波形图

Measurements 测量结果

The tested IPS Light had software version v1.06. The tests performed were:

测试的 IPS 故障指示灯软件版本为 v1.06。 执行的测试是：

Site Prov1: 2 earth faults with $R_f=3 \text{ kOhm}$ on L241

试验地点 1： 线路 241 上有 2 个 3 千欧阻抗的接地故障

2 earth faults with $R_f=5 \text{ kOhm}$ on L241

线路 241 上有 2 个 5 千欧阻抗的接地故障

3 earth faults with $R_f=8 \text{ kOhm}$ on L241

线路 241 上有 3 个 8 千欧阻抗的接地故障

线路 242 上有 1 个 3 千欧阻抗的接地

故障 (保存在瞬态故障记录)

1 earth fault with $R_f=3 \text{ kOhm}$ on L242 (saved TFR)

Site Prov2: 1 earth fault with $R_f=3 \text{ kOhm}$ on L242

试验地点 2： 线路 242 上有 1 个 3 千欧阻抗的接地故障

5 earth faults with $R_f=8 \text{ kOhm}$ on L242

线路 242 上有 5 个 8 千欧阻抗的接地故障

3 earth faults with $R_f=3 \text{ & } 5 \text{ kOhm}$ on L241 (saved TFR)

线路 241 上有 3 个 3 千欧和 5 千欧阻抗的接地故障 (保存在瞬态故障记录)

Conclusion 结论

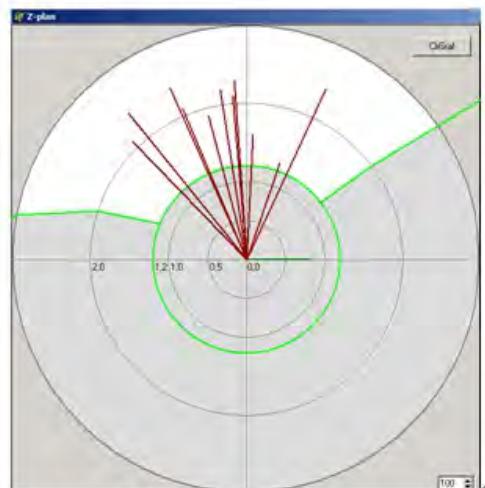


Figure 9. All detected faults are illustrated as a vector. The limit for the directional criterion is when the vector is within the white graphical field.

图中，所有检测到的故障都会显示为矢量。判断原则是故障矢量会出现在白色范围内。

The tests performed shows that IPS Light has good pre-requisites to handle and detect high ohmic earth faults correctly in distribution networks similar to that in Värmlandsnäs.

试验表明，IPS 接地故障检测装置能正确处理配电网中的高阻接地故障问题。

典型业绩

客户	项目描述	型号	运行日期	备注
辽宁朝阳供电公司	66kV西郊变电站接地检测项目	变电站型	2019-04	
北京供电公司	2022年冬奥架空线检测项目	架空线路型	2018-03	
北京北辛安供电公司	智能分布式馈线自动化项目	电缆线路型	2018-01	
河南漯河供电公司	分布型小电流故障检测项目	变电站型	2018-01	
河南漯河供电公司	集中型小电流故障检测项目	变电站型	2018-01	
河南驻马店供电公司	分布型小电流故障检测项目	电缆线路型	2018-01	
辽宁沈阳供电公司	智能分布式配电自动化项目	电缆线路型	2017-09	
贵州毕节供电公司	分布型小电流故障检测项目	电缆线路型	2013-06	
广东佛山禅城供电公司	分布型小电流故障检测项目	架空线路型	2013-06	
Affärsvärken	瑞典卡尔斯克鲁纳的城市和农村配电项目	电缆线路型	2017-09-01	
Skagerak能源	挪威克里斯蒂安桑的农村配电项目	电缆线路型	2017-09-01	
Borås能源	瑞典Borås的城市和农村配电项目	电缆线路型	2017-08-15	
Kragerö能源	挪威Kragerö的农村配电项目	电缆线路型	2017-03-01	
Vattenfall风力发电	瑞典北部采用光纤通信的Storrotliden100兆瓦风力发电厂和Östra Herrestad25兆瓦风力发电厂配电项目	电缆线路型	2016-11-01	
泰勒马克能源	挪威泰勒马克的农村配电项目	电缆线路型	2016-10-01	
Skanska能源	农村配电项目	电缆线路型	2016-09-01	
Öresundskraft	瑞典赫尔辛堡的城市配电项目	电缆线路型	2016-08-01	
Vattenfall配电	瑞典Forshammar附近的农村配电项目	电缆线路型	2016-10-01	

客户	项目描述	型号	运行日期	备注
VB能源	农村配电项目	架空线路型	2015-10-08	
奥斯卡港能源	瑞典奥斯卡港的城市和农村配电项目	架空线路型	2015-09-30	
Mjölby能源	瑞典Mjölby附近的风力发电厂项目	电缆线路型	2015-09-25	
特瑞堡能源	瑞典特瑞堡的农村配电项目	架空线路型	2015-09-11	
Gävle能源	瑞典Gävle的城市配电项目	电缆线路型	2015-09-03	
哥特兰岛能源	瑞典哥特兰岛的农村配电项目	架空线路型	2015-08-21	
Mölndal能源	瑞典Mölndal的城市配电项目	电缆线路型	2015-08-03	
松兹瓦尔能源	瑞典松兹瓦尔的农村配电项目	电缆线路型	2015-07-22	
Trafikverket	瑞典斯德哥尔摩隧道配电监督项目	电缆线路型	2015-06-30	
Mälarenergi	瑞典韦斯特罗斯的城市配电项目	电缆线路型	2015-08-12	
Växjö能源	瑞典其中一个发展最快的城市——Växjö的城市配电项目	电缆线路型	2015-04-16	
兰斯克鲁纳能源	瑞典兰斯克鲁纳的城市配电项目	电缆线路型	2015-03-21	
Vattenfall配电	瑞典—乌普萨拉的城市配电项目	电缆线路型	2014-09-05	Vattenfall 是欧洲最 大的电力 公司之一
Alingsås能源	瑞典Alingsås的城市配电项目	电缆线路型	2014-08-15	
莱鲁姆能源	瑞典莱鲁姆的城市配电项目	电缆线路型	2014-05-11	
哥德堡能源	哥德堡的城市配电项目	电缆线路型	2014-2-01	哥德堡是 瑞典第二 大城市



赫兹曼电力（广东）有限公司
HM POWER (Guangdong) Co.,Ltd

<https://www.hmpower.com.cn>

E-mail:hm@hmpower.com.cn

广东省佛山市顺德大良五沙
顺德科技工业园新悦路20号
邮编：528300
电话：(0757) 29991616
传真：(0757) 29991639
商务传真：(0757)29991610
服务热线：400 603 2700

No.20 Xinyue Road, Shunde Science & Technology
Industrial Park, Foshan City, Guangdong Province,
528300, P.R.C.
Tel : +86-757-29991616
Fax: +86-757-29991639
Business Fax: +86-757-29991610
Hotline: 400 603 2700