



智能配网在线监测系统！

（高精度微型同步测量终端 "大数据分析"）！

系统概述

智能配网在线监测系统是银蕨电力科技针对当前配电网的主要痛点和满足未来主动配电网发展需求而研制的完整解决方案，其主要功能如下：

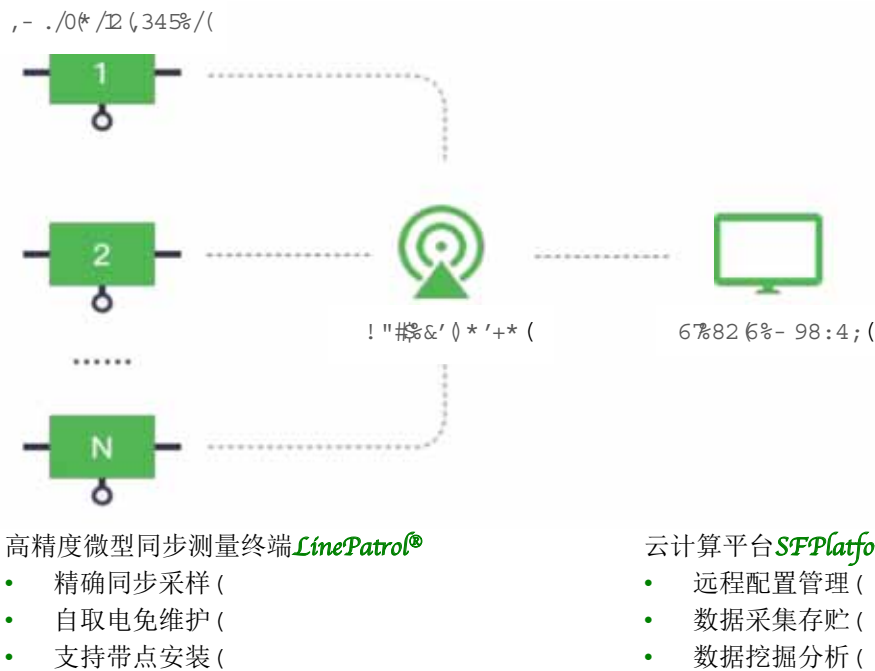
- ▶ 配网系统实时工况监测，提供带时标的同步测量数据（电流、电压、温度等），为主动配电网建设提供全面量测数据。基于这些广域数据的配网运行状态估计和故障诊断、精确定位等，可有效应对大规模分布式新能源接入、配网的环网运行以及用户与电网供需互动等带来的挑战。
- ▶ 解决了配网常见的单相接地短路故障的选线和定位难题，特别是特征不明显的高阻接地、断线触地等。近年来单相接地故障引发的人畜伤亡、电缆沟烧毁、设备过电压击穿等事故时有发生，及时准确地定位、隔离故障是配网安全可靠运行亟待解决的问题。

智能配网在线监测系统创造性地融合了高端传感器设计、物联网、人工智能算法和大数据分析等技术，在业内处于领先地位。



系统架构

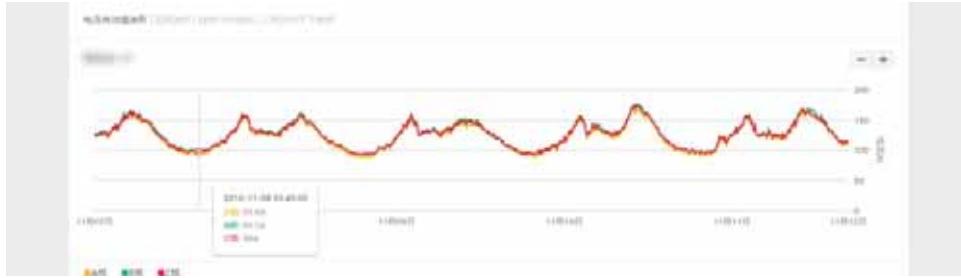
智能配网在线监测系统由高精度微型同步测量终端 *LinePatrol*[®]和大数据分析软件 *SFPPlatform* 组成。微型终端可安装于架空线、地下电缆出入口和变压器套管等位置，完成对电流、温度和电压等数据的高精度测量和远传；大数据分析软件负责接收、存储和分析来自各终端的海量数据，可部署于客户自建服务器或配网自动化主站系统。系统通过广域大数据分析评估配网工况，使得配网运行透明可视，有利于正常运行时增大输送功率提高设备利用率，故障发生时快速准确的定位和隔离。该系统特别适用于配电网络、新能源微电网等的自动化运行维护，可大幅提高配网供电运行的安全性、可靠性和经济性。



- ▶ 微型终端支持电流、温度、电压、谐波和三相不平衡度等测量
- ▶ 微型终端感应自供电，线路电流大于 3A 即可工作，6A 全功能运行
- ▶ 微型终端采样精确同步，采样数据都带有微秒精度的时间标签，适于建设分布式配网广域同步测量系统（WAMS）
- ▶ 微型终端内置 2G/3G/4G/NB-IoT 多模通信模块，通过 VPDN 或电力专网实现数据远传

基本功能

- 1) **7x24 小时远程监测**：实时测量并定时上报测量点的电压、电流、温度、谐波和三相不平衡度等数据，电流、温度越限自动告警。终端可安装于任意位置，获取任意节点的数据信息。所有数据永久存储于数据库中，是电力大数据分析和系统决策的基础。



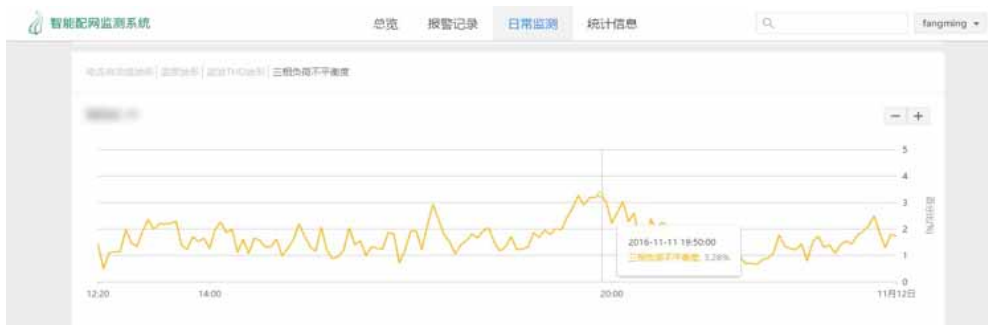
实时负荷曲线



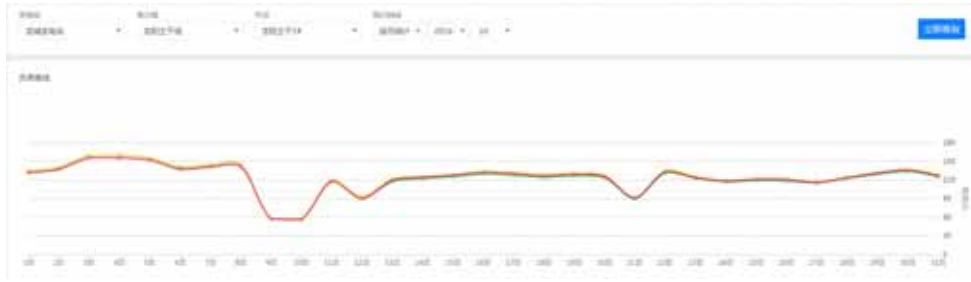
实时温度曲线



实时谐波畸变

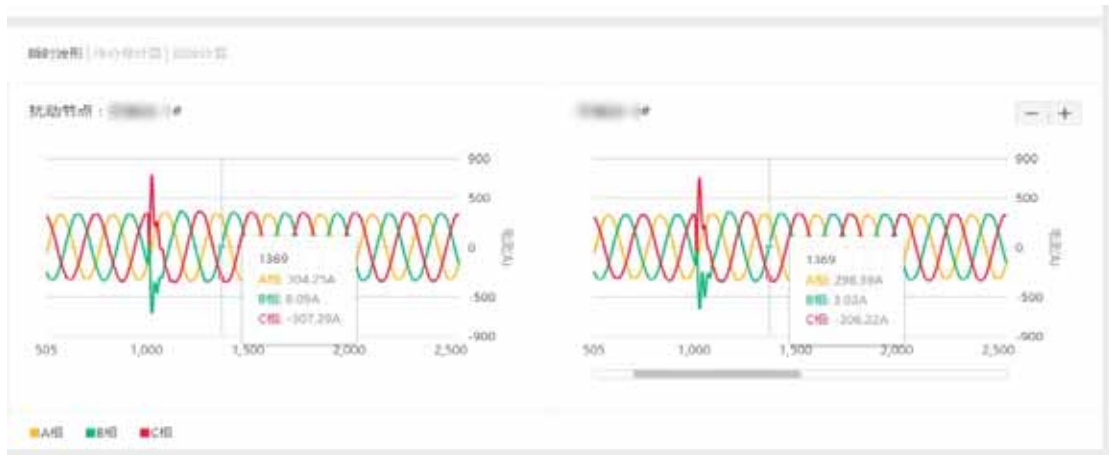


三相不平衡曲线



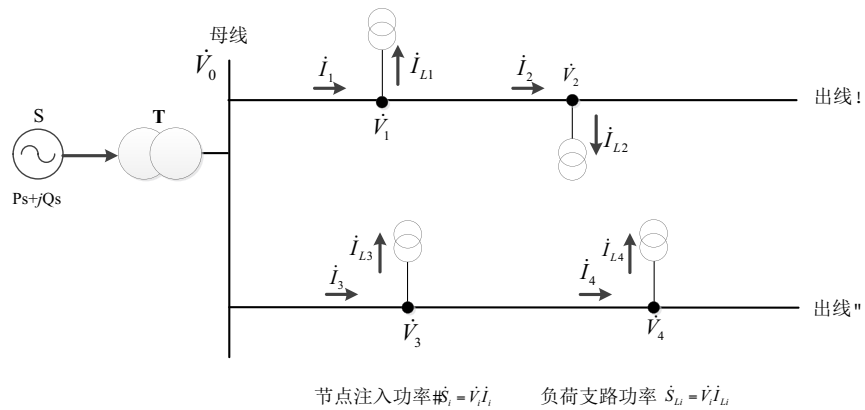
月负荷统计曲线

- 2) **分布式录波**：高精度、高采样频率的分布式事件同步录波系统，可取代传统的集中式录波仪，便于扰动或事故后的详细分析。



沿线电流录波

- 3) **广域同步瞬时测量数据**：获得广域同步测量的瞬时数据，大数据分析软件可据此计算配网的实时潮流状态及线损等，用于配网系统的状态评估，运行方式优化调整。

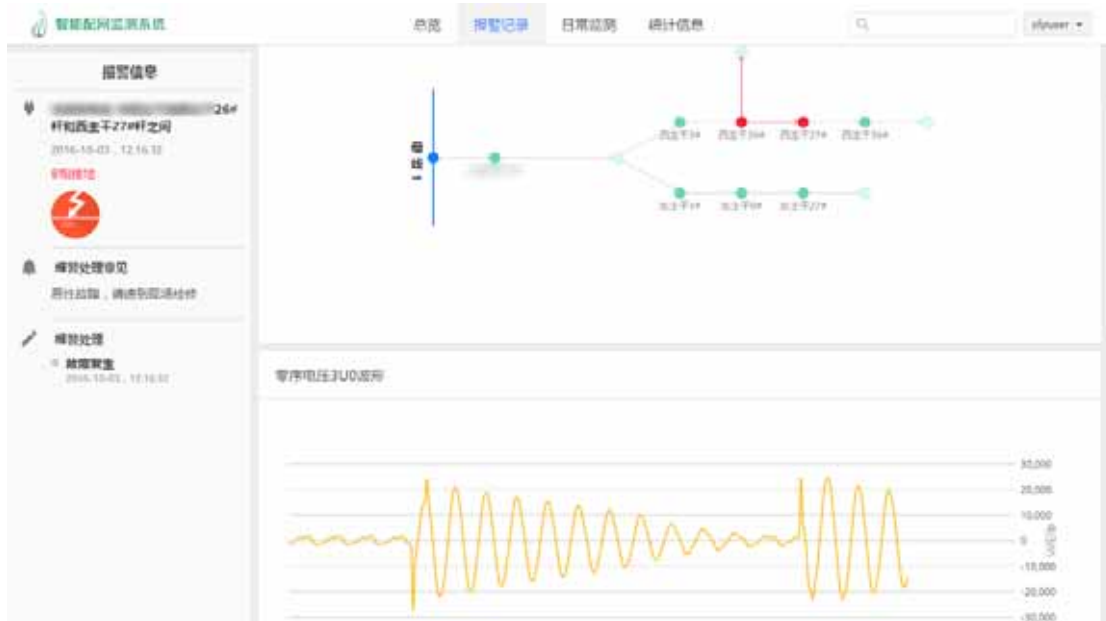


- 4) **防窃电和配电设备状态监测**：大数据分析软件可根据终端提供的负荷数据和电压、电流波形等分析末端用户用电行为，同时可监测诊断配电设备运行状态。



负荷变高压侧电流异常增大

- 5) **精确故障选线和定位**：大数据分析软件通过对配网广域同步数据的挖掘分析可实现准确的故障检测、选线和定位，并自动通知检修人员。对于继电保护不能反应跳闸的 6kV、10kV 和 35kV 小电流接地系统的单相接地短路，系统可根据客户需要输出信号实行故障自动隔离。



单相接地短路报警信息

微型同步测量终端技术特点

- 1) **广域数据采集同步**：所有终端采样数据带有时标，同步时间精度 1us
- 2) **感应取电+非破坏性安装**：终端完全自供电，非侵入式安装、无破坏性。现场施工无需布线拉线，省时省力
- 3) **高采样频率、高测量精度**：每工频周波采样 256 点，采样位宽 16bit；电流为 0~100A 时测量误差 $\pm 0.5A$ ，100~630A 时测量误差 $\pm 0.5\%$
- 4) **超低功耗设计**：非用即关的超低功耗设计原则，线路电流大于 3A 即可工作，6A 全功能工作
- 5) **单相接地短路故障选线和定位准确性高**：采用多种高级智能算法联合对广域同步数据进行分析，实现精确故障选线和定位
- 6) **高压一体化设计**：微型终端与其安装点高压等电位运行，无绝缘问题
- 7) **空口升级软件和配置参数**：易于配置和组网，终端完全免维护

微型同步测量终端主要技术指标：

适用电压等级	6~110kV
自供电(不带可充电电池)	线路电流>3A 即可工作，>6A 全功能
工作温度	-40°C~ 85°C
电力线直径	8mm~44mm
广域同步精度	1us
电压测量精度	1%
电流测量范围/精度	0~100A: $\pm 0.5A$, 100~630A: $\pm 0.5\%$, >630A: $\pm 10\%$
电压、电流采样频率	12.8KHz
故障电流测量范围	0~10kA 有效值
单次录波长度	缺省 400ms (可配置)
录波永久存储次数	1000 次
温度测量范围/精度	-40°C~125°C/ $\pm 1^\circ C$
远传通信方式	2G/3G/4G/NB-IoT
通信规约	IEC 60870-5-101/104
物理尺寸	220mm×130 mm×110mm
重量	2.9kg
安装方式	支持带电安装
防护等级	IP66
阻燃等级	V0
使用寿命	>8 年

单相接地故障选线和定位方案对比

多年的理论研究和工程实践证明，破解小电流接地系统单相接地短路故障选线和定位难题的关键在于：

- 1) 本地信息特征不足，必须要采用广域信息
- 2) 初始暂态稍纵即逝，必须要能够及时捕获
- 3) 故障暂态变化太快，采样频率必须足够高
- 4) 故障电量变化微弱，信号采样必须高精度

智能配网在线监测系统相较于传统选线装置和故障指示器的对比如下：

	传统选线装置	故障指示器	微型同步测量终端 +大数据分析软件	备注
设备类型	集中型箱柜式	微型，需与太阳能供电汇集单元组合使用	微型	集中 vs 分散
所用信息	变电站出口处信息	安装点信息，采样精度、频率（80点/工频周波）、同步精度（100us）均不够	广域同步数据信息，16bit，256点/工频周波，同步精度 1us	本地 vs 区域
启动元件	零序电压	安装点电场突变（可能误动、拒动）	零序电压	零序电压是接地故障的充要条件，电场突变缺少定量依据
定位原理	传统算法（本地信息不够）	过电流+电场变化（原理缺陷，算法粗糙）	创新的高级智能算法+所有存在的各种原理的算法	大数据分析
准确度	不准	不准	两年多现场挂网运行统计结果，迄今百分之百	两年挂网实测统计和10kV 真实网络系统人工模拟单相接地短路试验
主动配电网全面量测需求	不满足	不满足	满足	高采样频率，高精度采样，广域同步误差仅 1 us，可进一步用于网损监测、动态扩容、潮流计算、区域保护等高级应用

实际工程案例

1) 在配电网中的应用

系统自 2015 年 4 月以来，已经先后在部分供电公司和企业变电站等开展规模试验运行。其中：

2015 年 4 月开始，于华东某地共安装 110 组微型终端试验运行。

2016 年 9 月扩展到华中某变电站，在其几条接地故障频发的 10kV 主干线上共安装 13 组微型终端投运。

2017 年 4 月，在蒙西电网某个电业局某变电站的 6 条 10kV 出线上共安装投运 13 组微型终端。

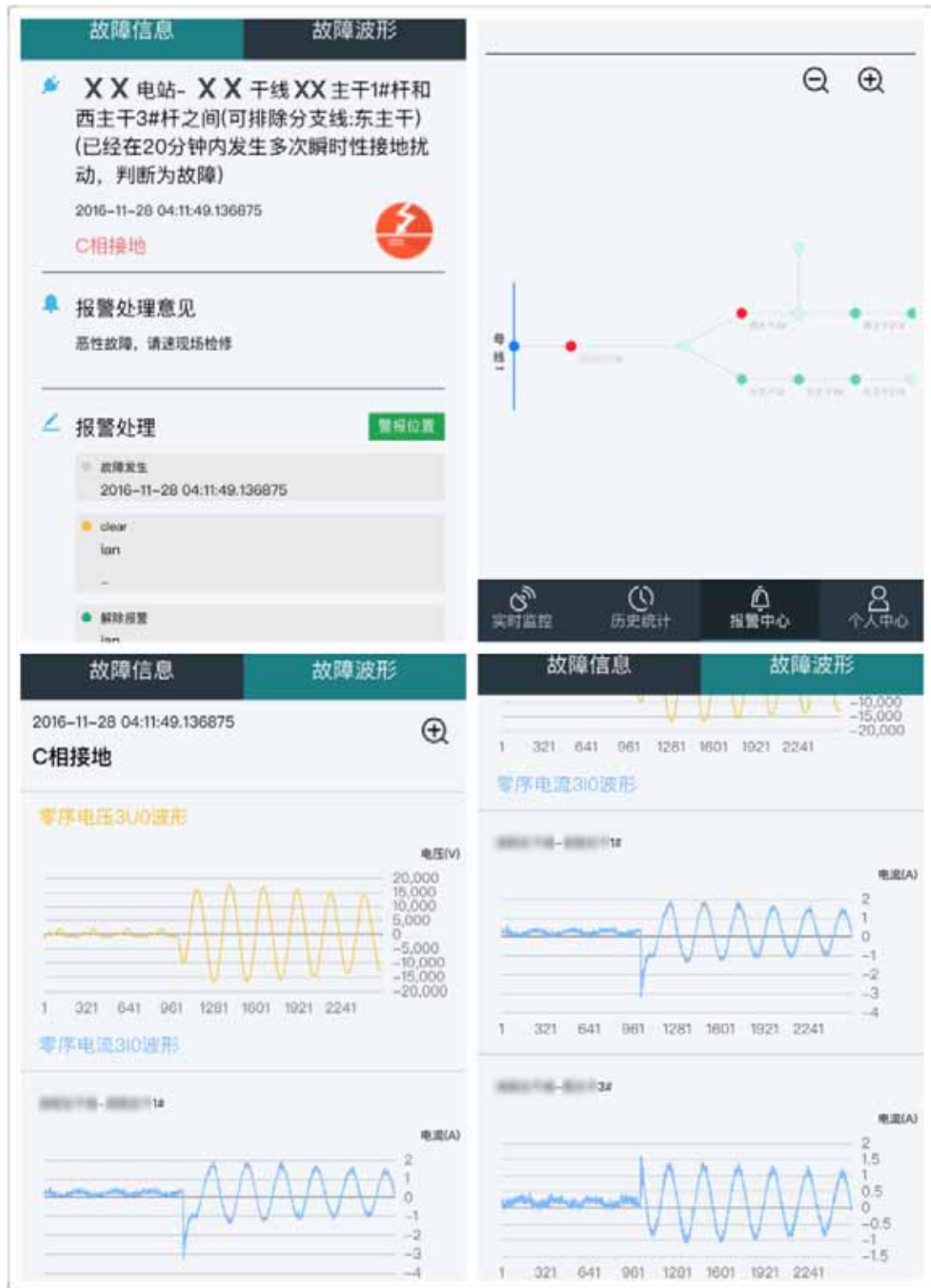
系统投运以来运行稳定，过去几乎看不见的配电区域的运行工况完全透明可视，并准确记录了各种扰动事件和历次故障的类型和位置，实用效果显著。



► 故障定位案例

案例 1：单相接地故障

下图给出了某变电站 XX 线于 11 月 28 日发生的一次间歇性 C 相接地短路故障的定位结果，图中最大零序电流约为 3A。



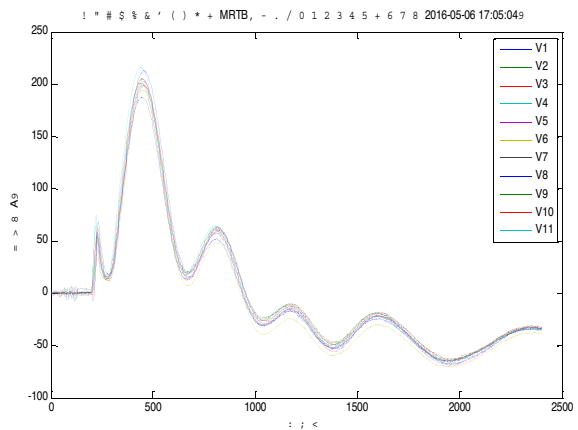
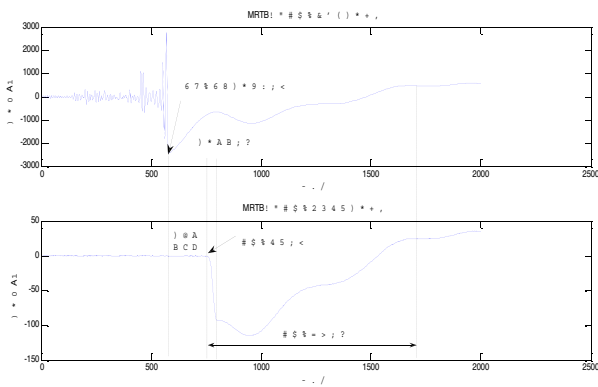
案例 2：相间短路故障

下图给出了蒙西电网某电业局所属某变电站 XX 线于 2017 年 5 月 17 日发生的一次相间短路故障的定位结果：故障点位于 1 号与 173 号杆之间。BC 两相短路期间夹有一个周波的 A 相短路，C 相短路电流瞬时峰值达 1667A，故障发生约 3 个工频周波 60ms 后继电保护跳闸。



2) 在特高压换流站的应用

基于相同技术原理研制的高压直流开关多柱并联避雷器动作特性在线监测评估系统已在国家电网±800kV 复龙换流站、±800kV 宜宾换流站、±660kV 银川东换流站、±800kV 灵州换流站和±800kV 锦屏换流站等投运，有效地保障了特高压直流输电系统的安全可靠运行。



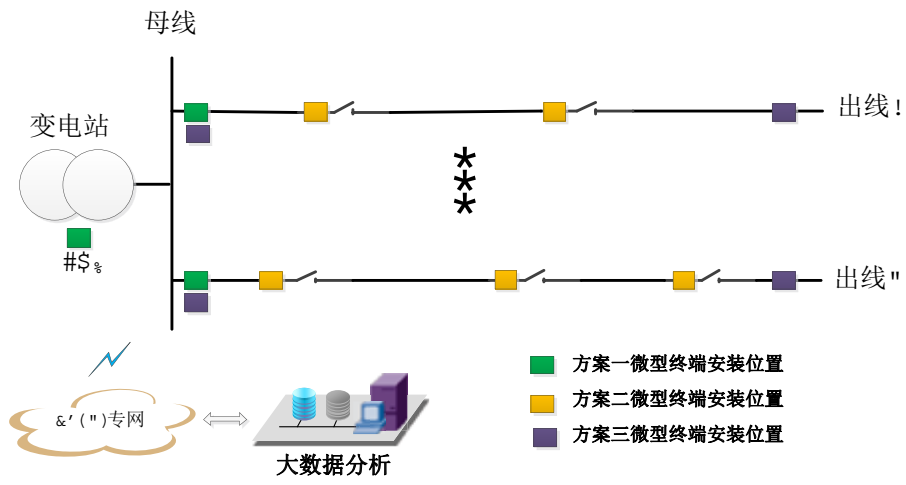
终端配置方案

微型终端不占地、无需任何基础设施支撑，卡扣式安装快捷方便，特别适合于拓扑结构复杂、分支线多的配电网，可获得任意地点、任意时刻的同步测量数据。终端安装密度越高，获得的数据信息越丰富，系统越透明。

典型的终端配置方案推荐如下：

- ▶ 方案一：故障选线。母线每条出线的出口各安装 1 组微型终端。
- ▶ 方案二：故障定位。在方案一基础上，线路重要节点处各安装 1 组终端，可实现故障准确定位和隔离。沿线安装越多，隔离停电区域越小，抢修恢复供电越快。

- ▶ 方案三：高级同步监测系统。在方案二基础上，母线和线路末端各安装一组测量三相电压的微型终端，可获得实时潮流状态及线损分布等。



典型终端配置方案