



配电网单相接地故障一体化 解决方案

Single-Phase Earth Fault Integrated Solution

广州智光电气技术有限公司

Guangzhou Zhiguang Electric Technology Co., Ltd.

综合能源技术与服务提供商

Integrated Energy Technology & Service Provider

目录

Contents

一、单相接地故障一体化解决方案	02
Single Phase Earth Fault Solution	
1.1 消弧线圈+ “主动式” 选线方案	
Arc suppression coil + "active" line selection scheme	
1.2 消弧线圈+并联小电阻接地方案	
Arc suppression coil + parallel low-resistance resistor grounding scheme	
二、中性点接地产品	06
Neutral Ground Product	
2.1 KD-XH型相控式消弧线圈及选线系统	
KD-XH Type Phase-controlled Arc Suppression Coil and Line Selection System	
2.2 KD-XHTZ型调匝式消弧线圈及选线系统	
KD-XHTZ Type Tunable Inductance Arc Suppression Coil and Line Selection System	
2.3 ZGNGR型中性点接地电阻成套装置	
ZGNGR Neutral Point Grounding Resistor Assembly	
2.4 ZGMNGS型消弧线圈并联小电阻接地成套装置	
ZGMNGS Complete Set of Equipment for Grounding with Arc Suppression Coil in Parallel with a low-resistance resistor	
三、典型应用	13
Typical Application	
3.1 消弧线圈+ “主动式” 选线大型用电企业应用案例	
Application Case of Arc Suppression Coil + "Active" Line Selection in Large-scale Power-consuming Enterprises	
3.2 消弧线圈+并联小电阻接地 应用案例	
Application cases of arc suppression coil + parallel low-resistance resistor grounding	
3.2 典型合作用户	
Typical Cooperative Users	

Single Phase Earth Fault Solution 单相接地故障一体化解决方案

1.1 消弧线圈+“主动式”选线方案

配电网中性点接地方式的选择是关系到电力系统运行可靠性的一项重大决策,理想的处理方式是:采用快速动作的消弧线圈作为接地设备,对瞬时性单相接地故障进行快速补偿,配电系统能在接地结束后自动恢复正常;对非瞬时性单相接地故障,消弧线圈在补偿的同时可以快速正确判断出接地线路,将故障线路切除,从而提高配电网的供电可靠性。

智光电气接地故障“主动式”选线方案与传统被动式选线原理不同,强调“主动性”:即在接地过程中主动产生一个可控的扰动量,形成明显的选线信号量。另外,确定故障线路用的不是绝对值,而是相对值,即零序电流的变化量,不依赖零序电流互感器的极性,也避免了零序电流互感器和测量回路误差及背景干扰等因素的影响,在系统不同电容电流大小、各种接地类型等条件下均能准确选线,提高了灵敏度及可靠性。

此种“主动式”选线方案已在国网、南网电力系统及全国多个大型用电企业得到成功运用。根据配套消弧线圈的不同,“主动式”选线装置有两种实施方案。

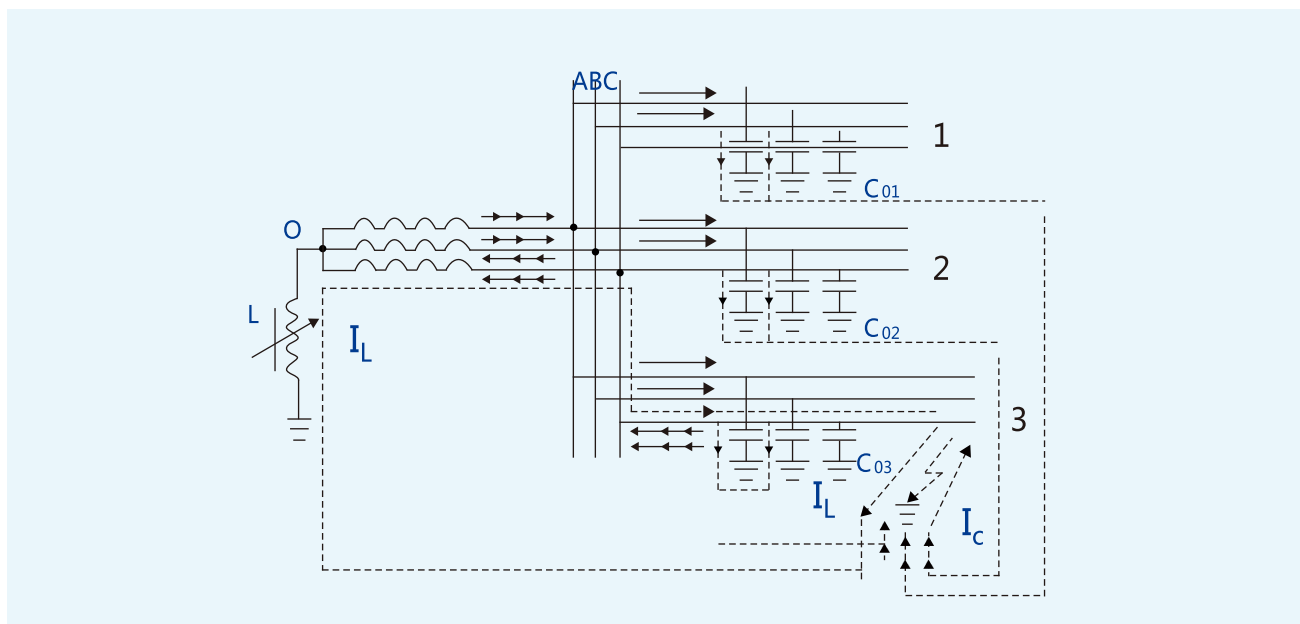
◆ 方案一:小扰动选线法(适应配套相控式消弧线圈)

KD-XH型相控式消弧线圈是一种特殊设计的高短路阻抗变压器,在使用时,把一次绕组作为工作绕组接入配电网中性点,二次绕组作为控制绕组由两个反向并接的可控硅短路。可控硅的导通角由控制器控制,通过控制器调节可控硅的导通角由0至180度之间变化,使控制硅的等效阻抗由 ∞ 至0之间变化,则输出的补偿电流就可在0至额定值之间得到连续无级调节。

这种可控硅调节阻抗的消弧线圈响应速度快;补偿电流在0~100%额定电流范围内都可以连续无级调节;可以在补偿过程中对输出电流进行动态调整。这些显著的特点,为实施主动式小扰动法选线奠定了基础。

★ 小扰动法选线原理

谐振接地电网发生单相接地故障时,其零序电流的电流回路如下图所示:



▲ 谐振接地电网单相接地时电流分布

DDS型“主动式”快速选线装置在选线过程中,短时小幅地调节消弧线圈,产生补偿电流变化量 ΔI_L ,此时非接地线路零序电流不变, $\Delta I_{c1}=0, \Delta I_{c2}=0, \Delta I_{c4}=0, \dots, \Delta I_{cn}=0$,而接地线路零序电流则有较大的变化,其变化量 $\Delta I_{c3}=\Delta I_L$,从而准确地选出故障线路。

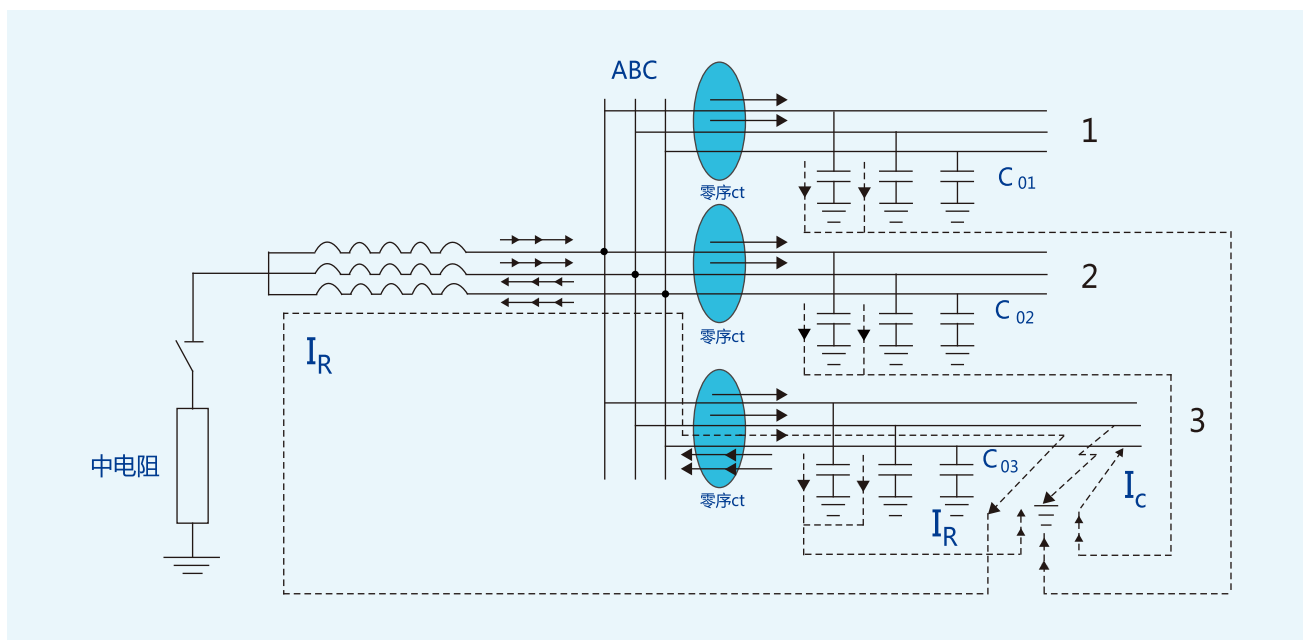
这种“小扰动法原理”的特点是:充分利用了KD-XH型消弧线圈动态调节功能,主动产生一个明显的可控特征波,它具有宽度短($<100\text{ms}$)、幅值可控(ΔI_L 可控)等特点,且特征波短时间内可多次产生,进行选线结果校核。

上述特点既保证了不同接地故障下的选线准确性,又保持了谐振接地方式故障电流小,不扩大故障的优点。该原理克服了其他静态选线原理的缺点,大大提高了选线准确率。



◆ 方案二:并联中电阻选线法(适应配套调匝式消弧线圈)

在系统中性点装设扰动源(中电阻),当系统发生单相接地后,通过装设在各线路的零序ct采集各线路的零序电流,然后控制扰动源在接地过程中短时地改变零序阻抗(也就是短时间地投入中电阻)。造出扰动后,再采集各线路的零序电流,进而求出各线路在扰动前后零序电流的变化量,其中变化量最大者即为接地故障线路。



▲ 并联中电阻选线单相接地时电流分布

上述两种选线方案均属于“主动型”选线,均具有很高的选线准确率。

相比较而言:

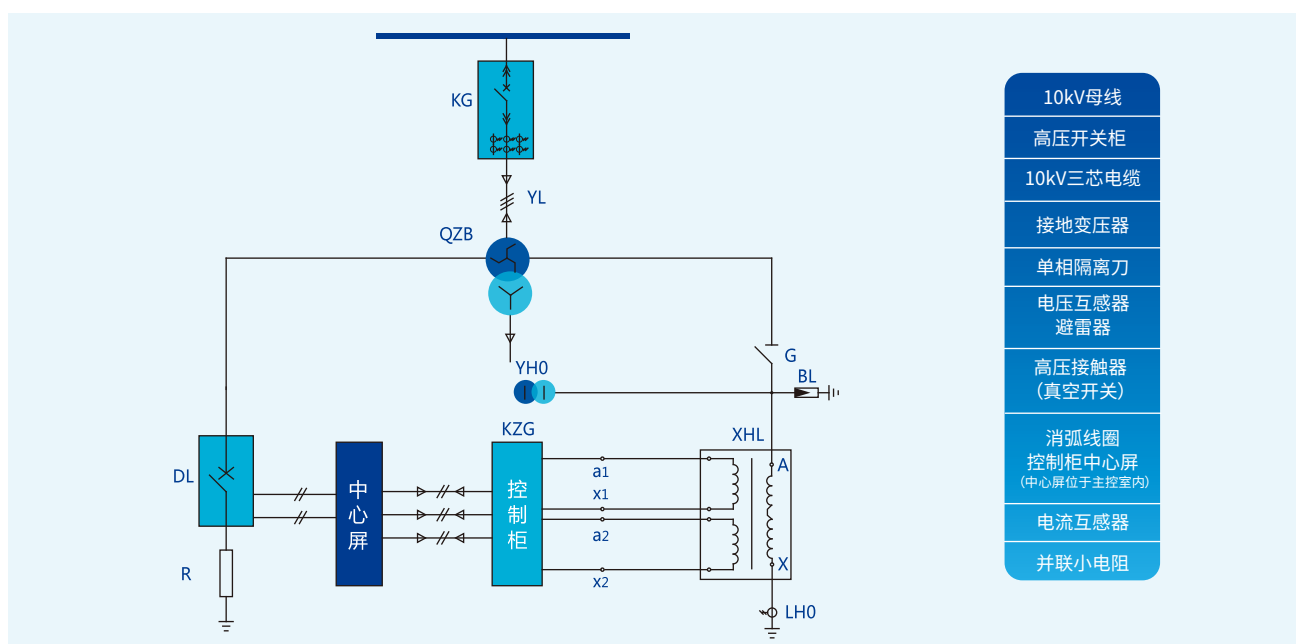
“小扰动法”选线更加简单,无需增加额外设备,且在选线过程中可以进行多次扰动,灵活扰动,但其仅适用于配套相控式消弧线圈;并联中电阻法适用范围更广,但其需增加可控中电阻等额外设备。现场实施时,需根据现场实际情况进行选用。



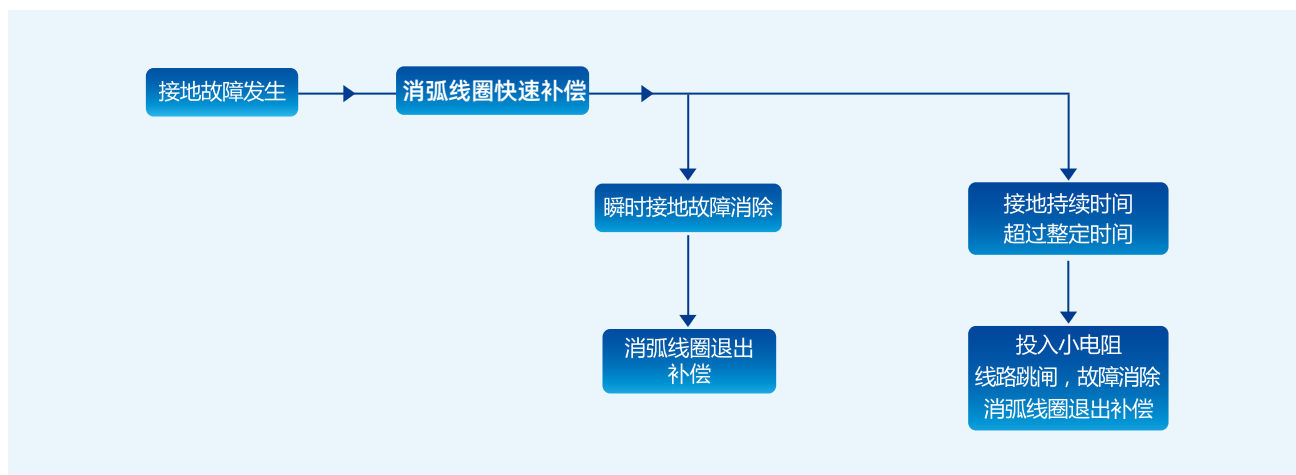
1.2 消弧线圈+并联小电阻接地方案

消弧线圈并联小电阻接地成套装置是在消弧线圈接地和小电阻接地这两种传统接地方式的基础上发展而来的,融合了两种接地模式各自优点,根据配电线路发生接地故障的具体情况进行完善的综合处理。

消弧线圈并联小电阻接地成套装置保护主要由快速消弧线圈和智能电阻组成,当接地故障发生时,快速消弧线圈在极短时间内(5ms内)输出高精度补偿电流使接地弧光可靠消除。若接地故障是瞬时性单相接地故障,装置故障自动消除,并自动记录相关故障信息;若接地故障是永久性单相接地故障则智能电阻自动投入系统,利用保护装置将接地线路跳闸,隔离故障线路,恢复系统正常运行。

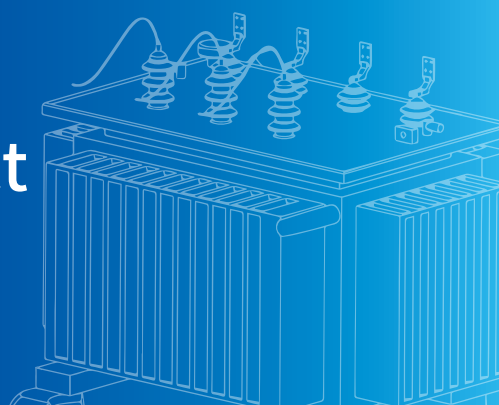


▲ 消弧线圈并联小电阻接地成套装置主接线图



▲ 消弧线圈并联小电阻接地成套装置动作时序

Neutral Ground Product 中性点接地产品



2.1 KD-XH型相控式消弧线圈及选线系统

◆ 产品概述

- KD-XH相控式消弧线圈采用高短路阻抗变压器式消弧线圈作为调节基础,消弧线圈的短路阻抗接近100%。
- 消弧线圈二次绕组作为控制绕组由两个反向并接的可控硅(SCR)短路,通过控制可控硅的导通角,从而调节输出的补偿电流大小。
- 采用独特的"小扰动法"选线原理,与消弧线圈实现一体化选线。



◆ 技术特点

- 输出电流可在0~100%额定电流区间连续无级平滑调节;
- 采用随调控制方式, 无需阻尼电阻;
- 结构简单, 噪音小, 不带任何转动或传动机构, 无有载开关和接触器, 可靠性高;
- 消弧线圈补偿过程中可实现动态调整, 保证了“小扰动法”选线装置在接地点残流很小的情况下也能够准确选出故障线路。

◆ 技术参数

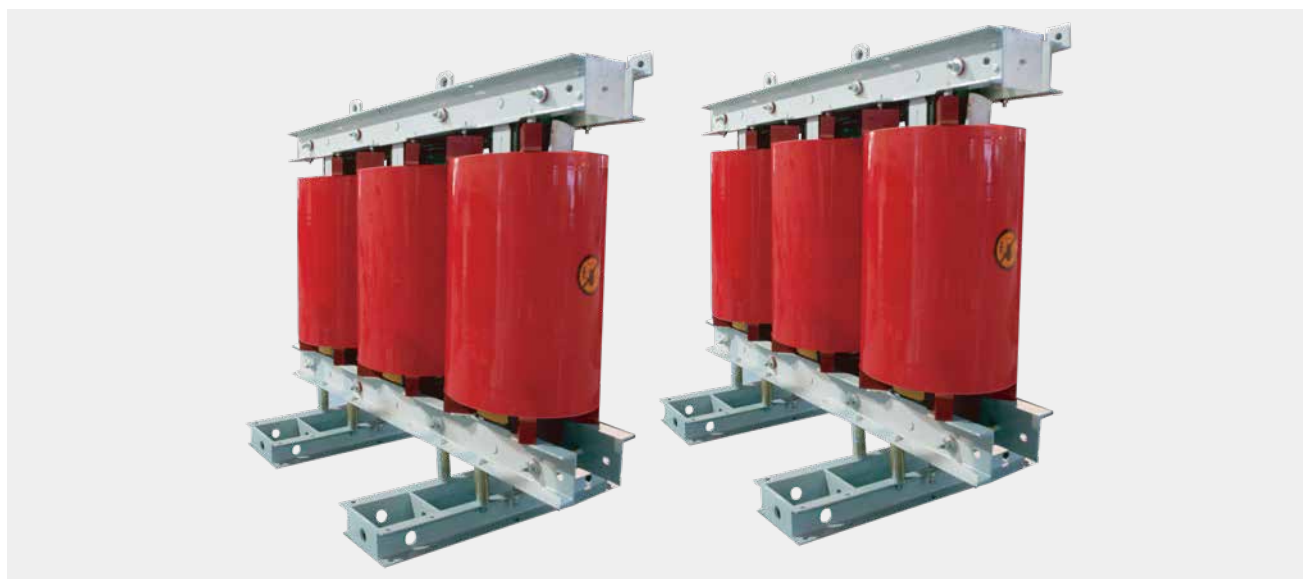
技术指标	技术参数
系统电压等级	6kV,10kV,20kV,35kV
电流调节范围	0~100%额定电流
电流调节方式	无级连续
电容电流测量误差	≤2%
接地信息记录	500次, 可掉电保持
选线路数	单台装置40条馈线
控制方式	随调式
通信方式	RS-232、RS485, 波特率为2400~19200bps



2.2 KD-XHTZ型调匝式消弧线圈及选线系统

◆ 产品概述

- KD-XHTZ调匝式消弧线圈采用有载分接开关作为调节机构,控制输出电流大小;
- 为预调式消弧线圈,配套阻尼电阻箱;
- 选用并联中阻法选线原理。



◆ 技术特点

- 采用预调方式,能够有效抑制铁磁谐振的发生;
- 补偿电流不依赖于控制器,失电情况下可继续工作。



◆ 技术参数

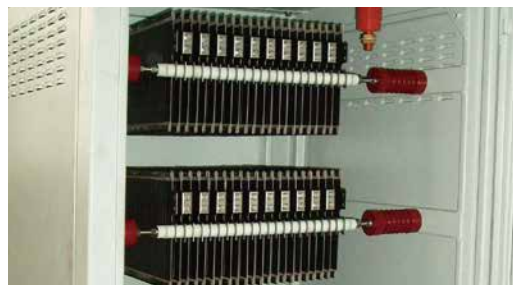
技术指标	技术参数
系统电压等级	6kV, 10kV, 20kV, 35kV
电流调节范围	30%~100%额定电流(可根据用户需求设定起调点)
电流调节方式	等差或等比调节
电容电流测量误差	≤2%
接地信息记录	500次, 可掉电保持
选线路数	单台装置40条馈线
控制方式	预调式
通信方式	RS-232、RS485, 波特率为2400~19200bps



2.3 ZGNGR型中性点接地电阻成套装置

◆ 产品概述

- 小电阻接地系统具有快速准确隔离故障的优势,适用于电容电流比较大,特别是电缆占比比较高的系统。
- ZGNGR型中性点接地电阻成套装置,通过国家变压器检测中心检测,符合国家标准和电力行业标准,在全国电力系统中广泛使用。



◆ 技术特点

- **温升低**:采用栅格式设计和优化的电阻片剪裁方式,电阻具有宽阔的散热面积,温升低。在额定电压下10s设计温升小于700K,实测温升低于600K(远低于国家相关行业标准760K);
- **抗氧化能力强**:在1100°C下保持良好抗氧化性能,熔点高于1450°C,使得电阻可以使用在热带及比较污秽的环境中;
- **温度系数小**:10s电流衰减小于10%,保证保护动作的可靠性;
- **机械强度高**:优质的不锈钢材料和特殊有效的结构设计使电阻体积小、重量轻、温升平均,各部分结构强度高,可以承受住摆动、振动、温度变化,无任何变形;
- **模块化设计**:电阻结构采用模块化设计,使得更换或增加某一单元而无需拆卸整个设备;
- **产品定制**:产品包含6kV,10kV,20kV,35kV各电压等级,电阻额定电流可由用户定制。

2.4 ZGMNGS型消弧线圈并联小电阻接地成套装置

◆ 产品概述

- ZGMNGS型消弧线圈并联小电阻接地成套装置为消弧线圈和小电阻接地系统高度融合的产品,避免了两种传统模式的弊端而发挥其各自的优势,是一种新型的配电网中性点接地方式。
- 瞬时接地故障由ZGMNGS型消弧线圈并联小电阻接地成套装置中的消弧线圈进行补偿后自行消除;永久性接地故障则在补偿后延时投入可控小电阻,产生明显特征量进行保护跳闸及故障定位。



◆ 技术特点

- **确保准确隔离接地故障:**
利用可控电阻投入后产生的强大特征信号,可以用保护装置直接跳开接地线路,准确捕捉和甄别接地故障线路。
- **确保配网智能终端发挥效用:**
通过控制电阻器投切后产生的可控特征信号,使得智能终端可以准确定位故障位置。
- **降低过压水平:**
消弧线圈并联小电阻接地成套装置因可控小电阻的投入,使得接地故障发生时系统的工频过压不会长期存在,降低了对系统耐压水平的要求,有利于设备安全。

- 大大降低小电阻接地系统跳闸率:

消弧线圈并联小电阻接地成套装置通过采用消弧线圈对瞬时故障进行补偿,使得占接地故障百分之九十以上的瞬时故障可以自行消除而无需跳闸,大大降低了跳闸率,解决了小电阻接地系统跳闸率过高的难题,保证了供电可靠性。

- 占地面积小,安装形式多样:

特别适宜在原有设备上改造。

◆ 技术参数



灭弧时间: $<5\text{ms}$



接地残流: $<2\text{A}$



伏安特性: $0\sim 110\%$ 额定电压
保持线性



具备动态调节功能



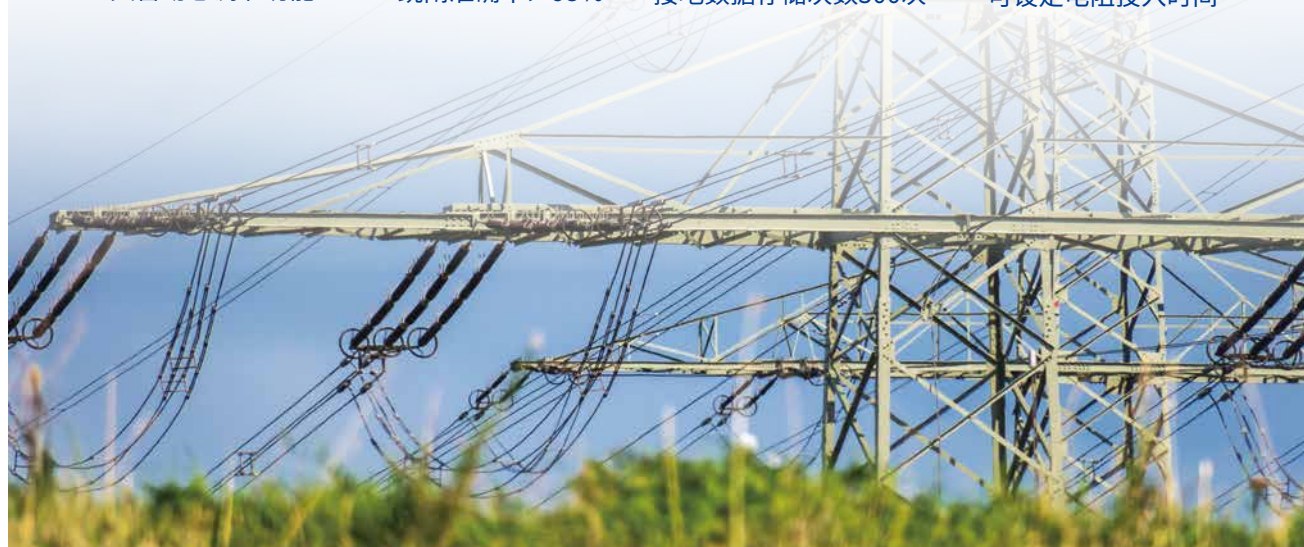
跳闸准确率 $>95\%$



接地数据存储次数500次



可设定电阻投入时间



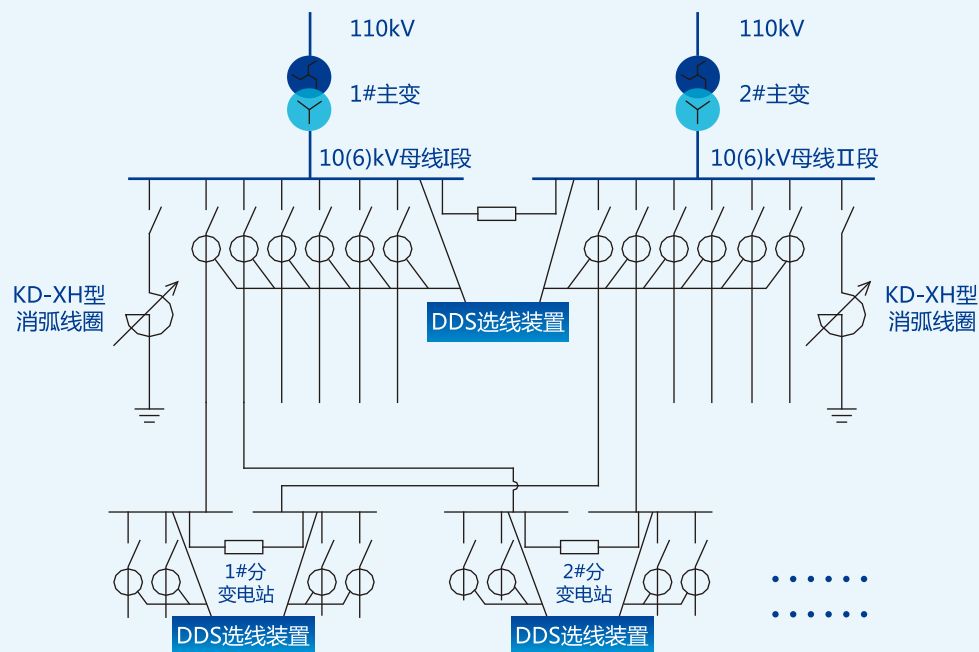
Typical Application 典型应用

3.1 消弧线圈+“主动式”选线大型用电企业应用案例

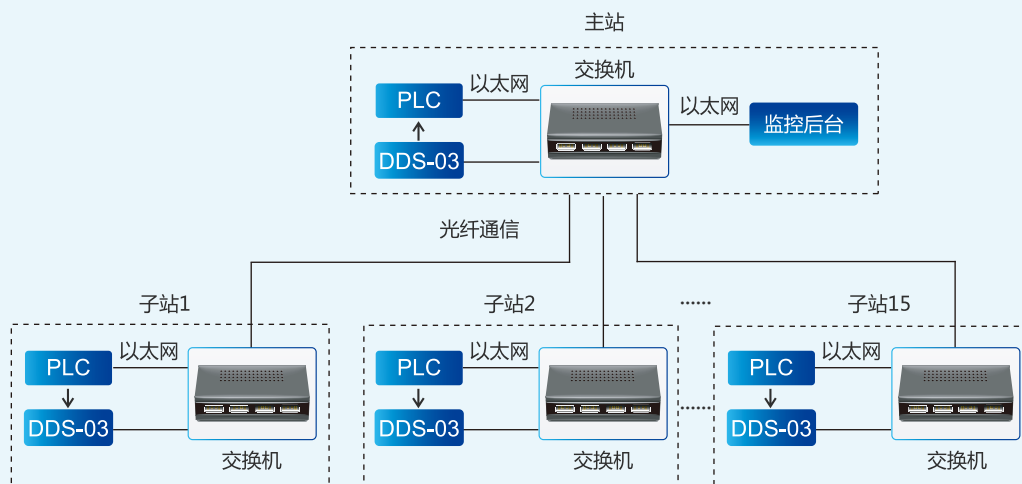
大型用电企业一般有一个或数个总降变电站,10kV/6kV系统采用消弧线圈接地或不接地系统,运行过程中最突出的问题是接地故障的选线问题,主站一般应用静态法选线,无法准确反应故障状态,选线准确率低,甚或一接地就同时报出多条线路接地,让人无所适从。各个10kV变电所(子站)一般未配有选线装置,发生单相接地故障时只能靠人工轮切排查,耗费运行人员大量时间和精力,难以及时排除故障,对生产造成安全隐患。

通过在主站和子站选用智光电气DDS主动式扰动法选线装置,便能实现将主站和子站的故障线路同时选出。配备通讯系统和监控系统,则可实现单相接地故障的智能化管理。





▲ 企业配电网消弧选线典型接线图



▲ 企业配电网消弧选线装置组网示意图

► 福建某炼化公司“主动式扰动法”选线实践



福建某炼化公司的1#总降变电站为110kV变电站,共有2台110kV主变,两段6kV母线,下面共有净化水变等数个分级变电站。6kV电网系统为中性点经消弧线圈接地的谐振接地系统,各配出回路单相接地保护采用了微机小电流选线装置,原调气隙式消弧系统和选线装置自投用以来出现了较多问题,主要表现在:

- 原消弧线圈的自动跟踪装置由于技术原理落后,元器件老化严重,致使装置无法自动跟踪补偿,目前为手动调节固定补偿状态,故无法准确补偿;
- 原微机选线装置动作原理存在缺陷,无法准确反应故障状态,准确动作率极低,给单相接地故障的查找选线误导和延误处理时间。

该炼化公司最终选用广州智光电气股份有限公司的“相控消弧线圈+主动式扰动法选线”方案:在总变电站两段母线各加装一套KD-XH01-400/6.3型消弧线圈成套装置,总变电站及5个6kV变电站(循环水变电站、加氧变电站、焦化变电站、净化水变电站、三修变电站)共安装6套DDS型选线装置。所有设备经调试验收合格后,投入运行。

◆ 典型接地事故分析:

1. 净化变电站II段电缆进线单相接地故障

某日,由于净化变电站II段电缆进线电缆逐渐老化、绝缘降低,引发瞬时性接地故障,从消弧系统控制器的接地记录中可以看出接地故障的发展过程,零序电压从971.2V、1268.4V、2060.2V的变化,而到第四次679.9V绝缘开始恢复。

安装在总降变电站的选线装置选出“净化水II”发生单相接地故障。测量总降变电站至净化水变电站II段母线的电缆,其中一相对地绝缘电阻为500兆欧,另外两相对地绝缘均为10000兆欧以上。可见当时正是由于此相电缆的绝缘较为薄弱,从而引起了瞬时性接地故障。

2.加氢变电站18号柜单相接地故障

某日,由于施工机械损坏加氢变电18号柜的出线线路,造成单相接地故障。

- 接地开始时间： 12月17日12时53分49秒
- 接地解除时间： 12月17日13时03分45秒
- 中性点电压： 3171.6V
- 消弧线圈补偿电流： 35.9A
- 电容电流： 35.3A

在加氢变电站的选线装置也准确选出18号柜,显示其发生单相接地故障。

此次消弧线圈设备的改造完成了“消除单相接地对系统运行及生产造成的危害”的目标,确保了供电系统安全可靠运行。设备运行以来,达到了当初设定的目标,消弧线圈动作及时,补偿效果好,选线准确率高,有效的指导了运行人员快速查找事故,隔离故障线路以及排除故障,确保了系统的安全稳定运行。

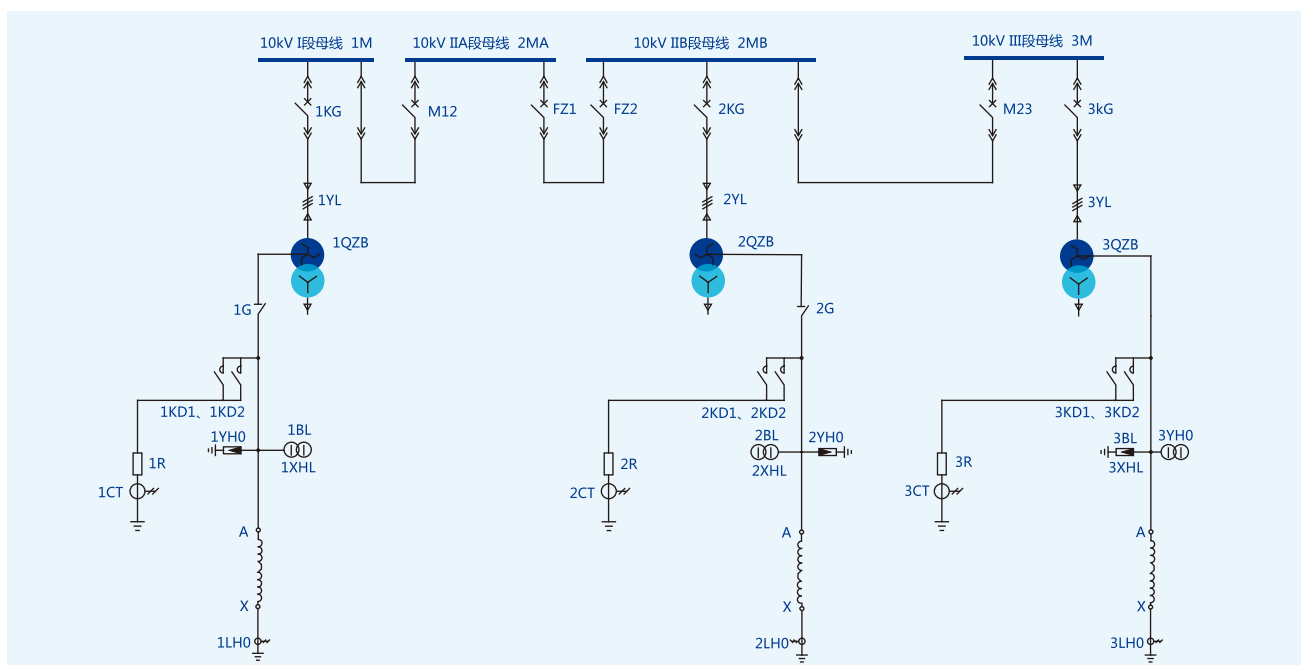


3.2 消弧线圈+并联小电阻接地 应用案例

► 广东某站消弧线圈接地升级改造为消弧线圈并联小电阻接地成套装置

改造背景:原三套消弧线圈,有两套已容量不足;接地时选线装置选线准确率低,约为60%;相关的配网自动化系统在接地故障时无法发挥效用。

改造方案:将原来三套消弧线圈全部更换为消弧线圈并联小电阻接地成套装置,由馈线保护装置出口跳闸。



▲ 改造主接线图



运行效果:成套装置投运三年时间内,该站共发生10kV线路单相接地159次。其中小于10s的瞬时接地故障为148次,占比为93%。永久性接地故障共发生11次,其中2#消弧线圈并联小电阻接地系统投小电阻9次,3#系统投小电阻2次,与线路零序电流保护动作保持一致。

对所有的接地故障,消弧线圈进行了快速准确的补偿。对接地持续时间长于10s的故障,小电阻正确投入,零序保护正确动作,准确切除故障线路,使得系统快速恢复正常。在这11次永久性接地故障中,既有近似金属性接地(电压4802V),也有高阻接地(电压1351V),小电阻投入后,零序保护都能够正确动作,切除故障线路。

► 浙江某站小电阻接地升级改造为消弧线圈并联小电阻接地成套装置

改造背景:浙江某市全面铺开10kV升压为20kV系统,改用小电阻接地系统。但该地区鸟害严重,接地跳闸频繁,而该区域化纤行业用户对用电质量要求非常高,短时的停电对产品质量产生很大影响,频繁跳闸影响了众多企业的正常工业生产,供电部门经常被投诉。

改造方案:将原来两套小电阻系统全部升级改造为消弧线圈并联小电阻接地成套装置,发生瞬间接地时由快速消弧线圈进行精确补偿消除接地。

运行效果:该站#1母线6条20kV线路改造前后对比如下:

/	改造前(小电阻接地)				改造后(消弧线圈并联小电阻接地)
	6月	7月	8月	9月	次年6-9月
接地跳闸次数	5	8	16	3	6



采用小电阻接地时4个月内发生接地跳闸32次,采用消弧线圈并联小电阻接地方式后次年同期仅发生6次接地跳闸,有效解决了频繁跳闸的问题,大大提高了供电可靠性。



3.3 典型合作用户



智光自成立以来,凭借在电力电子技术领域多年的深耕,现已成为高压大功率电力电子装备技术研究与应用的行业翘楚。二十多年来,市场风云变幻,智光恪守“创新、责任、团结、坚持”的公司精神,秉承“帮助客户安全、节约、舒适地使用能源”的理念积极探索和实践,将满足客户的个性化需求与企业的经营有机融合。

感谢广大海内外客户的支持与信任,让智光蓬勃发展,智光的未来之路,有您的支持一定更精彩!



MORE...

24小时客户服务中心:400-8800-233
24h Service:400-8800-233



智光
Zhiguang

股票代码
002169

广州智光电气技术有限公司

Guangzhou Zhiguang Electric Technology Co., Ltd.

Add:广州市黄埔区云埔工业区埔南路51号

NO.51 Punan Road,Yunpu Industry Zone, Huangpu District Guangzhou,P.R.China.

Tel:020-32113398

Fax:020-32113456

Web:www.gzzg.com.cn

Zip:510760

2025年3月印