

SCJD

单相接地故障处理系统

■ 概述

为提高供电可靠性，我国3~66kV中压电网多采用中性点非有效接地的运行方式（又称为小电流接地方式），在中性点不接地电网发生单相接地故障时，供电电压（线电压）依然对称并且不构成单相接地短路，接地电流一般不大，无需切除线路，不影响供电系统的正常运行。

但是随着电网规模的扩大，中压线路电缆化率的提高，以及城网、农网、企业电网混合的配电网络越来越复杂，单相接地故障发生率也随之提高。根据我国电力系统现行规定，在发生单相接地故障后，电网仍可维持运行2小时，但从实际运行情况看，此类故障严重增加了电力系统的安全运行风险，特别是钢铁、冶金、化工等电力系统相对复杂的电力系统用户，从接地故障到发生短路事故时间很短。

据调查，电力系统中80%故障由单相接地故障引起的；同时，伴随单相接地故障产生的弧光接地过电压问题、铁磁谐振过电压会引发电压互感器烧损、电缆放电，甚至相间短路，危害到电力系统的安全可靠运行。

由于受电力系统结构、输配电类型、故障工况等因素影响，小电流选线法准确率普遍低下以及单相接地引起人身伤害等问题严重影响着中压电网的安全可靠运行。

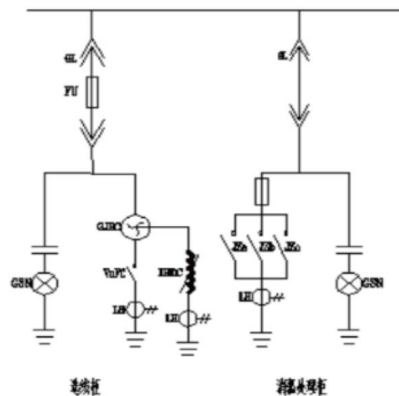
现阶段，针对3~35kV电力系统，既要保持中性点非有效接地方式供电可靠性高的优点，又要在系统发生单相接地故障时准确选出故障回路，防止故障的进一步扩大，意义重大。目前针对上述现状未能得到很好解决，所以找到一种又快又准的选线方法，是电力行业一直在研究的方向和课题。

我公司针对3~35kV中性点非有效接地的企业多年运行中存在的难题，开创性地研发出了新型的SCJD单相接地故障处理系统，该装置采用快速故障识别技术，准确判定系统发生的故障性质；同时采用融合新型算法原理，电流注入法原理及最大增量法原理的技术，做到100%准确地选出故障线路；干预式触点消弧和消弧线圈组合方式的综合故障处理；采用专用电子式互感器及瞬态、暂态电压FFT频谱分析运算，实现故障过程的全电压监测及专家诊断系统为整体单相接地故障解决方案。

独立的监控后台能实时显示现场运行情况，对故障信息第一时间掌握。专用手机APP客户端能实现远程查看系统运行信息，并具有故障信息推送功能。

SCJD单相接地故障处理系统是集成故障回路选线、单相接地处理、过电压抑制、故障在线监测等综合接地故障处理系统，以实现故障的快速查找、综合处理以及同时实现故障“专家系统”诊断；同时具备智能分析和大数据存储等电力物联网建设软硬件条件。

■ 装置组成



SCJD单相接地故障处理系统主要由选线柜、消弧处理柜组成。

工作逻辑

单相接地故障选线：当系统发生单相接地故障时，采用注入法原理，装置可在40ms内选出系统故障相序、故障回路，然后将通过内部通讯输出告警结果。选线准确率达100%。

单相接地故障综合处理：根据单相接地故障发生的性质，接地故障管理系统采用不同的工作方式，利用综合处理中的触点消弧与消弧线圈相互配合、相互保护、优势互补的处理方式，可靠处理故障回路，使系统供电的可靠性和安全性大大提高。

远程通信：本装置配置了RS485通讯接口，可以按照给定的通讯规约与监控中心实现数据远传，并可按照监控中心的命令进行远程操作。

型号命名



参数指标

序号	技术特性	单位	参数		
1	额定电压	kV	6	10	35
2	额定频率	Hz	50		
3	额定电流	A	63~1250		
4	额定短路开断电流	kA	31.5~40		
5	额定短时耐受电流	kA	31.5~40		
6	额定峰值耐受电流	kA	80~100		
7	工频耐压（1min）	kV	32	42	95
8	雷电冲击耐压	kV	60	75	185

正常运行条件

- 环境温度：-40℃~+50℃
- 日平均相对湿度：≤95%
- 海拔高度：≤2000m
- 安装地点：户内，无酸碱腐蚀处
- 地震烈度：不超过8度
- 污秽等级：不超过Ⅱ级

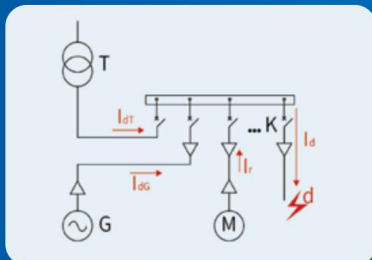
SCZLB

零损耗深度限流装置

1.1 短路电流超标的概述

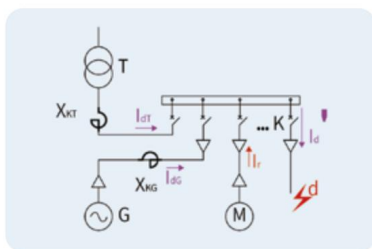
1.1.1 短路电流超标现象

如下图，当d点发生三相短路故障时，流过断路器K的短路电流 I_d 为变压器T提供的短路电流 I_{dt} 、发电机G提供的短路电流 I_{dg} 、电机群提供的反馈电流 I_f 之和，即所有电源提供的短路电流和电动机的反馈电流总和，一旦该值超过断路器K的额定开断电流时，称为短路电流超标。



1.1.2 典型治理方案-串联限流电抗器

电力系统针对短路电流超标的典型治理方案是：在电源的线路上串联限流电抗器来限制短路电流，如下图中变压器线路中的 X_{kt} 和发电机线路中的 X_{kg} ，二者可分别或同时使用，一旦发生短路故障，可将超标的短路电流限制到断路器K的遮断电流以内。因此，此种用法的限流电抗器应能长时通流，而且电抗率不宜过大。



1.2 串联限流电抗器的损耗问题

长时通流电抗器，流过工作电流，不仅产生有功损耗，其无功功率也侵占了电源系统视在功率中的有功部分，降低了电能的利用效率，并且其无功电流在电网上传输也会产生线路损耗，依据国标GB12497，一台10kV-2500A-12%的电抗，按照70%的负荷率，年8000h的综合损耗计算见下表。

串联限流电抗器综合损耗计算表

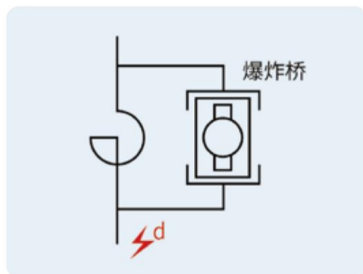
电抗器参数		注： 1. 电抗器有名值： $X_k=X_k\% \cdot U_N/1.732/I_N$ 2. 负荷率：$\alpha=I/I_N$ 3. 单相电抗无功功率： $Q=(U_N/1.732) \cdot X_k\% \cdot I_N^2 \cdot \alpha^2;$ 4. 单相电抗有功损耗折算： $P_p=K_p \cdot Q;$ 5. 单相电抗无功损耗折： $P_Q=K_Q \cdot Q;$ 6. 单相综合损耗：$P_\Sigma=P_p+P_Q;$ 7. 依据:GB-T 12497-2006 《三相异步电动机经济运行》
额定电压 UN(kV)	10	
额定电流 IN(A)	2500	
电抗率 XK%	12%	
平均工作电流I(A)	1750	
常用系数		
计算周期(h/年)	8000	
煤耗(g/kwh)	350	
计算费率(元/kWh)	0.5	
有功损耗系数 KP(kw/kvar)	1.2%	
无功经济当量KQ(kW/kvar)	0.06	
过程数据		
电抗有名值 xk(Ω)	0.2771	
平均工作电流I(A)	1750	
平均负荷率α	0.7	
电抗压降(kV)	0.48	
单相电抗无功(kvar)	848.7	

项目	三相有功损耗(kw)	年损耗电能(万kwh)	折算煤耗(T)	折算人民币(万元)
有功损耗折算	30.55	24.44	85.55	12.22
无功损耗折算	152.77	122.21	427.75	61.11
总计	183.32	146.66	513.30	73.33

1.3. “爆炸桥” 治理方案-爆炸桥并联限流电抗器

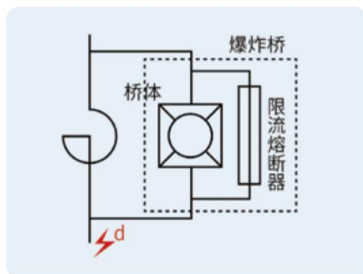
1.3.1 旁路法节能原理

电抗器的损耗相当可观。于是，出现了爆炸桥并联限流电抗器的节能方案(见下图)，通过爆炸桥的旁路效果，可消除电抗器长期运行期间的损耗，实现节能。该方案的节能概念很快就被广大用户所接受。



1.3.2 爆炸桥原理

见下图，爆炸桥是一种内置炸药的金属载流桥体与限流熔断器并联的组合电器。其工作逻辑是，由桥体承载工作电流，当d点发生短路故障时，桥体迅速炸断，将短路电流换入与之并联的熔断器中，然后由熔断器完成短路电流向与之并联的限流电抗器中的转换，究其本质来说，爆炸桥是一种额定电流比较大的特种熔断器。



3.3 “节能并不省钱”的尴尬效果

实际使用证明，爆炸桥的旁路作用可以有效节能！消除了电抗器的无功电流在线路上的损耗，同时解放了电源的有功输出能力，提高了电能利用效率。

后来发现，爆炸桥一旦动作后，则必须尽快更换配件，否则电抗器又得继续耗能，而更换配件还需要支付昂贵的费用，节能省的钱还得花出去，如果多出现几次短路故障，反而要倒赔，出现了节能但并不省钱的尴尬现象。

3.4 “节能并省钱”要求“可反复使用”的旁路设备

爆炸桥这种“一次性”的使用特点并不符合用户省钱的需求，但节能又势在必行，因此，需要一种与爆炸桥相当的可反复使用的电抗器旁路设备来替代爆炸桥。

既然是可反复使用的，又得起到旁路作用的，从特征上来看，这种设备只能是断路器。首先，这种断路器必须分闸快，快到能在常规断路器灭弧室触头出现刚分之前就能完成电流转换；其次，要开断能力强，强到可以开断没有被电抗器限制的超标的短路电流。

3.5 “快速断路器”的两个重要指标

快速断路器除了应满足常规断路器的所有要求外，还应具备以下重要指标：

- (a)机械固有分闸时间：≤5ms
- (b)额定短路电流开断能力：40~100kA

1.4 理想的“零损耗深度限流”方案

以快速断路器为主要元件，配合专用控制器，形成一个可反复使用的“快速换流器”，与限流电抗器并联，组成一种可反复使用的零损耗深度限流装置。

■ 2. 基于SCV快速断路器的零损耗深度限流装置

■ 2.1 回路简介

SCZLB零损耗深度限流装置(以下简称SCZLB装置)是由“快速换流器”与“限流电抗器”并联而成的开关设备再经由K1、K2点串接在供电线路中。

其中“快速换流器”是SCV系列“涡流驱动”快速断路器主要元件，并整合了短路电流快速判断的测控装置的组合电器；“限流电抗器”正常运行时被快速换流器旁路处于退出状态，损耗为零，仅在短路故障时才投入，故障解除后再自动退出。

■ 2.2 控制系统简介

SCZLB控制系统包括专用控制器和三个分相控制器，其中专用控制器装在中控室保护柜中，分相控制器分别内置在各相换流器内。

分相控制器独立控制各相换流器单元，专用控制器通过光纤与各分相控制器联络，显示各相换流器状态信息并可维护定值，还提供数据接口和信号节点与中控室计算机管理系统通信。

■ 2.3 工作逻辑

SCZLB 控制系统包括专用控制器和三个分相控制器，其中专用控制器装在中控室保护柜中，分相控制器分别内置在各相换流器内。

分相控制器独立控制各相换流器单元,专用控制器通过光纤与各分相控制器联络，显示各相换流器状态信息并可维护定值，还提供数据接口和信号节点与中控室计算机管理系统通信。

2.3.1 正常运行期间

SCV处于合闸位置，换流器承载线路工作电流，SCZLB呈现零阻抗状态，表现为零损耗，无压降，同时不会产生磁场污染。

2.3.2 线路发生短路故障时

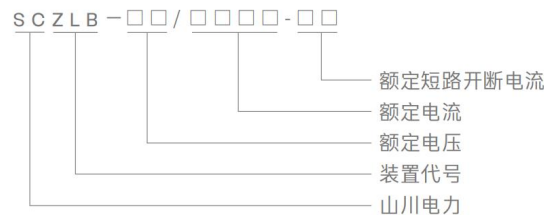
当且仅当分相控制器通过罗克线圈信号检出了超过SCZLB启动定值的超标短路电流时，命令SCV及时分闸，SCZLB装置可在20ms内投入限流电抗器而呈现高阻抗状态，将短路电流限制在预期值以内，确保常规断路器可靠开断短路故障。

2.3.3 短路故障排除情况

(a)若分相控制器通过返回CT检出的电流小于返回定值时,说明短路故障已排除，命令SCV及时合闸，SCZLB装置可在20ms内旁路限流电抗器而呈现零阻抗状态，系统即可恢复正常运行；

(b)若分相控制器通过返回CT检出的电流大于返回定值时，说明系统没有排除短路故障，也即SCV一直处于分闸状态，达到2s时间，为自我保护，命令SCV合闸，此功能也作为SCZLB误分之后的自愈保护。

■ 3. 型号命名



参数指标

序号	技术特性	单位	参数		
1	额定电压	kV	6	10	35
2	额定频率	Hz	50		
3	额定电流	A	1250~5000		1250~2500
4	额定短路开断电流	kA	31.5~80		31.5~40
5	额定短时耐受电流	kA	31.5~80		31.5~40
6	额定峰值耐受电流	kA	80~200		80~100
7	固有分闸时间	ms	≤5ms		
8	固有合闸时间	ms	≤15ms		
9	电抗器投入时间	ms	≤20ms		
10	工频耐压（1min）	kV	32	42	95
11	雷电冲击耐压	kV	60	75	185

正常运行条件

- 环境温度：-40℃~+50℃
- 日平均相对湿度：≤95%
- 海拔高度：≤2000m
- 安装地点：户内/户外
- 地震烈度：不超过8度
- 污秽等级：不超过Ⅱ级

04

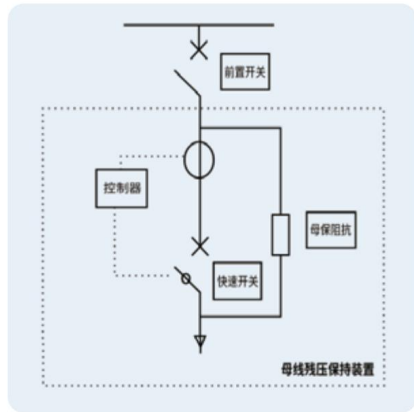
SCZRD

母线残压保持装置

概述

一种以“短路故障快速判断技术”为控制基础的，基于“涡流驱动快速开关”的，以达到快速隔离本支路的短路故障点对电源(母线)电压的影响，切断非故障支路异步电动机磁场能量的衰减通路，抬升母线残压，减小电源恢复时异步电动机的二次冲击，保障电源(母线)对其它非故障线路连续正常供电目的的高阻抗自动投切的短路故障隔离设备，称为母线残压(剩余电压)保持装置(简称“母保”，代号SCZRD)，装置外形为开关柜形式，适用于新建和改造项目。

装置组成



见左图，典型的SCZRD装置主要由母保开关、母保阻抗、专用控制器、前置开关、电流互感器、综保、过电压保护器、柜体及附件等组成，前置开关为普通真空断路器，母保开关为SCV涡流驱动快速开关。

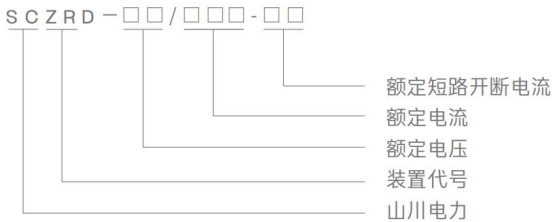
■ 工作逻辑

正常工作时，前置开关、母保开关处于合闸状态。

当发生短路故障时，SCZRD专用控制器通过电流互感器测到短路电流，经“短路故障快速判断算法”判断出故障，立即发出母保开关分闸指令，将母保阻抗投入线路，补偿本支路因短路而损失的阻抗，将本支路电流从短路值限制到额定电流以内，从而维持了母线的剩余电压，保障母线对其它未发生短路故障的支路连续供电。

若故障点被切除后，本支路负荷恢复，电流会发生至少50%的变化，专用控制器立即发出母保开关合闸的指令，恢复本支路的正常供电；若故障点切除失败，专用控制器在故障后，250ms向切离开关发出分闸指令，协助微机综保实施后备保护动作，并在300ms时命令母保开关合闸，退出母保阻抗，完成一次母线残压保护功能操作。

■ 型号命名



■ 参数指标

序号	技术特性	单位	参数		
1	额定电压	kV	6	10	35
2	额定频率	Hz	50		
3	额定电流	A	1250~4000		1250~2500
4	额定短路开断电流	kA	31.5~40		
5	额定短时耐受电流	kA	31.5~40		
6	额定峰值耐受电流	kA	80~100		
7	固有分闸时间	ms	≤5ms		
8	固有合闸时间	ms	≤15ms		
9	抬升残压比率	/	≥85%		
10	工频耐压（1min）	kV	32	42	95
11	雷电冲击耐压	kV	60	75	185

■ 正常运行条件

- 环境温度：-40℃~+50℃
- 日平均相对湿度：≤95%
- 海拔高度：≤2000m
- 安装地点：户内，无酸碱腐蚀处
- 地震烈度：不超过8度
- 污秽等级：不超过II级

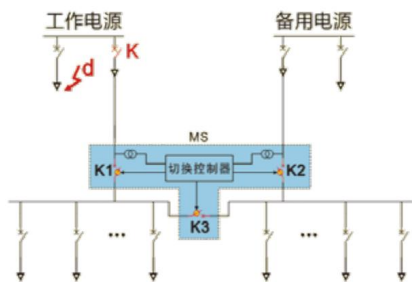
SCMS

中压一体化成套快速电源切换装置

■ 定义

一种以“供电电源故障快速判断技术”为控制基础的、基于“涡流驱动快速开关”的电源故障时的备用电源快速切换装置，称为“中压一体化成套快速电源切换装置”（简称“快切”，代号SCMS）。主要为了快速阻断负荷系统异步电动机磁场能量向故障工作电源短路点衰减的通路、减小切换电源时异步电动机的二次冲击，避免切换后电机失稳停转。电源短路故障时的最快切换时间不大于30ms。装置为多面开关柜成套形式，适用于新建和改造项目。

■ 装置组成



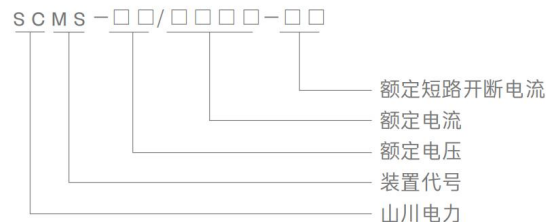
见左图，SCMS装置主要由切换控制器、工作电源进线开关K1、工作电源电压监测PT1、备用电源进线开关K2、备用电源电压监测PT2和母联开关K3、综保、柜体及附件等组成。

其中K1、K2、K3为分闸时间小于5ms、合闸时间小于15ms的SCV系列涡流驱动快速开关。

■ 工作逻辑

正常运行时，工作电源进线开关K1、备用电源K2处于合闸状态，母联开关K3处于分闸状态；切换控制器实时监测工、备电源的电压同期状态，符合并网条件时，快切功能解锁，不符合并网条件时，快切功能闭锁，并报警。当工作电源系统发生开路(开关K偷跳)或短路(d点)故障时，并且工备电源的电压同期性满足并网条件，切换控制器命令K1跳闸，然后再合K3，实现对负荷供电的切换，故障解除后，可自动或手动返回。

■ 型号命名



■ 参数指标

序号	技术特性	单位	参数		
1	额定电压	kV	6	10	35
2	额定频率	Hz	50		
3	额定电流	A	1250~4000		1250~2500
4	额定短路开断电流	kA	31.5~40		
5	额定短时耐受电流	kA	31.5~40		
6	额定峰值耐受电流	kA	80~100		
7	固有分闸时间	ms	≤5ms		
8	固有合闸时间	ms	≤15ms		
9	切换完成时间	ms	≤30ms		
10	工频耐压（1min）	kV	32	42	95
11	雷电冲击耐压	kV	60	75	185

■ 正常运行条件

- 环境温度：-40℃~+50℃
- 日平均相对湿度：≤95%
- 海拔高度：≤2000m
- 安装地点：户内，无酸碱腐蚀处
- 地震烈度：不超过8度
- 污秽等级：不超过Ⅱ级