

# 基于单片机的新型消弧装置设计

都洪基, 叶 婷

(南京理工大学 动力学院, 江苏 南京 210094)

**摘要:** 弧光接地一直是威胁电网安全运行的严重隐患, 经消弧线圈或小电阻接地的运行方式虽然在一定程度上起到了保护作用, 但也存在着一定缺陷。提出了一种新型消弧装置的实现方法, 给出了消弧装置控制器的硬件设计方案和软件流程图。理论分析和现场试验结果表明, 新型的消弧装置能够克服传统消弧装置的种种不足, 且装置简单, 体积小, 安装、调试方便。

**关键词:** 消弧装置; 过电压; 弧光接地; 金属接地

**中图分类号:** TM 475

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1006-6047(2005)05-0100-03

在中性点不接地系统中, 如果发生单相间歇性的“熄弧-重燃”接地, 则会形成一个高频振荡过程, 造成间歇性弧光接地过电压, 经过二次燃弧后, 两健全相的最大电压为  $3.5 U_\phi$ , 故障相不存在振荡过程最大过电压为  $2.0 U_\phi$ 。这种过电压的持续时间可达到数十分钟或更长, 波及范围广, 危害性很大<sup>[1,2]</sup>。

由于传统的消弧线圈补偿系统中存在的一些问题和自动跟踪补偿消弧装置的局限性<sup>[3,4]</sup>, 因而必须研究一种既能够不改变国内电网接地运行方式, 又能够可靠限制系统过电压, 特别是限制弧光接地过电压的新的保护方式。

## 1 新型消弧装置的工作原理

新型消弧装置的一次原理图如图 1 所示。

氧化锌非线性电阻  $R_{ZnO}$  经隔离刀闸接于母线, 使母线始终处于该限压电路的保护之中。当系统发生短暂的雷电过电压、操作过电压时, 均由  $R_{ZnO}$  投入保护, 过电压消失,  $R_{ZnO}$  退出工作。

消弧电阻  $R_{blow}$  通过可分相控制的高压真空接触器  $KM_{HV}$  与系统连接。电网正常运行时,  $KM_{HV}$  触头全部断开,  $R_{blow}$  与系统分离, 系统按照中性点不接地的方式正常运行。在发生间歇性弧光接地过电压时, 过电压最大可达  $3.5 U_\phi$ , 此时分相控制的  $KM_{HV}$  将故障相的触头闭合, 投入  $R_{blow}$ ,  $R_{ZnO}$  退出保护, 系统由原来的间歇性弧光接地转变为经消弧电阻接地, 把过电压限制在  $1.73 U_\phi$  以下。

控制器是消弧装置的核心部件, 它的作用是: 根据信号转换器以及氧化锌非线性电阻元件提供的信号判别接地故障发生的相别及接地性质, 按照预先

设定的方式控制高压快速开关。对于已装有小电流选线装置的系统, 控制器可以和选线装置配合工作, 在测控时间和联络方式上随时进行调整。

消弧装置的工作原理是: 当系统有过电压出现时, 氧化锌非线性电阻首先投入工作, 将系统的过电压限制在相关电器设备绝缘允许的范围内, 同时控制器通过对信号转换器以及氧化锌非线性电阻传送的信号进行处理, 通过对三相电压信号进行计算, 判断故障属性以及故障相别, 根据过电压性质以及接地属性作出以下处理:

a. 如果过电压性质为瞬时的雷电过电压或操作过电压等, 则有氧化锌非线性电阻对过电压进行限制并吸收过电压的能量, 过电压消除后, 系统自动恢复正常工作, 控制器仅仅做出记录, 消弧电阻不需要投入工作;

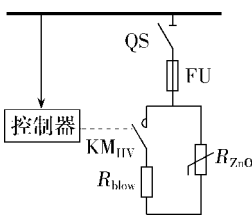
b. 如果接地故障是稳定的金属性接地, 则控制器仅发出故障相别的指示信号, 并警报值班人员进行排除;

c. 如果接地故障是间歇性弧光接地, 氧化锌非线性电阻首先投入工作, 将电压限制在一个较低的水平, 并提供信号给控制器, 控制器通过对信号转换器以及氧化锌非线性电阻元件提供的信号进行计算处理, 判别出接地故障发生的相别及接地性质, 发出指令将对对应相的快速开关闭合, 使消弧电阻投入, 消除弧光, 系统由不稳定的弧光接地转变为电阻接地, 将过电压控制在规程允许的范围以内, 同时氧化锌非线性电阻退出工作。

消弧电阻投入工作数秒后, 控制器发出指令将其切除, 同时, 控制器再判断接地性质, 如此时的间歇性弧光接地已消除, 则该次故障为偶发性弧光接地, 系统恢复正常工作; 如仍然为间歇性弧光接地, 则认定为永久性弧光接地, 消弧电阻再次投入, 并在故障排除前不再切除, 控制器同时发出信号交由微机选线装置进行故障查找并告知值班人员。

图 1 消弧装置原理图

Fig.1 Principle diagram of arc-suppression device



## 2 新型消弧装置控制器的硬件设计

### 2.1 硬件组成

整个控制器由电源插件、交流输入变换插件、CPU 插件、继电器出口插件组成,如图 2 所示。

电源插件用来给控制器各个组成部分供电。外部的三相电压和零序电压通过电压互感器、隔离变换器、低通滤波器后再通过采样保持器,最后接入到 80C552

的模拟量输入通道中。其中的电压互感器、隔离变换器、低通滤波器以及采样保持器共同构成了交流输入变换插件。

CPU 插件是控制器的核心部分,实现消弧装置的主要功能,其结构如图 3 所示。CPU 插件以 PHILIPS80C552 为核心控制器件,三相电压和零序电压信号经过交流输入变换插件的变换之后从 80C552 的 P5 口输入 CPU 进行 A/D 转换,然后对 A/D 转换结果按照采样算法进行计算,并判断有无过电压的产生,如果有,还需判断故障类型及故障相别,通过人机接口提示工作人员排除故障。

### 2.2 信号采样及 A/D 变换

该消弧装置需要采集的信号有: $U_A$ 、 $U_B$ 、 $U_C$ 、 $3U_0$  共 4 个外部信号,这些信号经过电压变换器、低通滤波器以及采样保持器之后再通过 A/D 转换器的输入端进入 80C552 进行 A/D 转换,再将转换后的结果根据一定的算法进行一些数值处理,以此作为判断有无过电压产生的依据。

为保证测量值的准确性,同时采用软、硬件进行处理。在硬件处理上,将采集到的信号通过一个低通滤波器再进入 A/D 转换回路;在软件上,选择合适的算法,共同保证测量值的准确性。

80C552 的 P5.0 ~ P5.3 口用于跟踪采集采样保持器输出的模拟信号,而 P1.0 ~ P1.3 用于控制各个采样保持器在采样和保持两个状态之间切换,即控制器采用的是分时采样、分时 A/D 转换的采样方式。在这里,之所以采用这样的采样方式是因为采样保持器选用的是 LF398,由于信号在保持时如果不及及时进行 A/D 转换,模拟信号的幅值会变小,而本消弧装置每次均要采集 4 路信号,如果采用同时采样保持分时 A/D 转换的采样方式,则最后一个进行 A/D 转换的信号可能会严重失真,这样的数据

会影响控制器作出正确的判断,甚至误判,所以为了保证控制器判断的准确性,有必要采用这种分时采样保持、分时 A/D 转换的采样方式。

## 3 新型消弧装置控制器软件设计

### 3.1 软件功能设计

控制器通过采集电力系统的电压信号,包括三相电压瞬时值和零序电压值,当系统发生单相接地或 TV 断线故障时,根据电压在不同故障状况下的变化,判断故障的类型及相别。

如果发生单相金属性接地故障,零序电压上升,故障相电压下降,其范围为  $0 \leq U_{故障} < U_{\phi}$ ;健全相电压上升,  $U_{\phi} < U_{健全} < 1.73 U_{\phi}$ ,控制器发出指令,在面板和中控室显示故障类别、相别及故障线路,并发出报警信号,由人工切除故障。

如果发生单相弧光接地,零序电压上升,故障相电压  $U_{故障}$  下降,健全相电压上升,  $U_{健全} > 1.73 U_{\phi}$ 。此时,分相控制的高压真空接触器将故障相闭合,投入消弧电阻,弧光消除。故障相的高压真空接触器闭合后 2 s,控制器发出指令将高压真空接触器断开,由控制器对故障进行再判断,如果间歇性弧光接地不再存在,则判定为偶发性故障,系统自动恢复正常;如果仍有弧光存在,则再次将高压真空接触器闭合,在故障排除前不再断开,系统在过电压  $\leq 1.73 U_{\phi}$  工况下带故障运行,同时显示故障类别及故障线路并发出报警信号,由人工进行处理。

如果发生 TV 断线事故,零序电压上升,故障相电压和健全相电压均下降,  $U_{健全} < U_{\phi}$ ,故障相电压下降的最多,控制器发出指令。在面板和中控室显示故障类别及故障线路,并发出报警信号,由人工切除故障。

### 3.2 软件流程

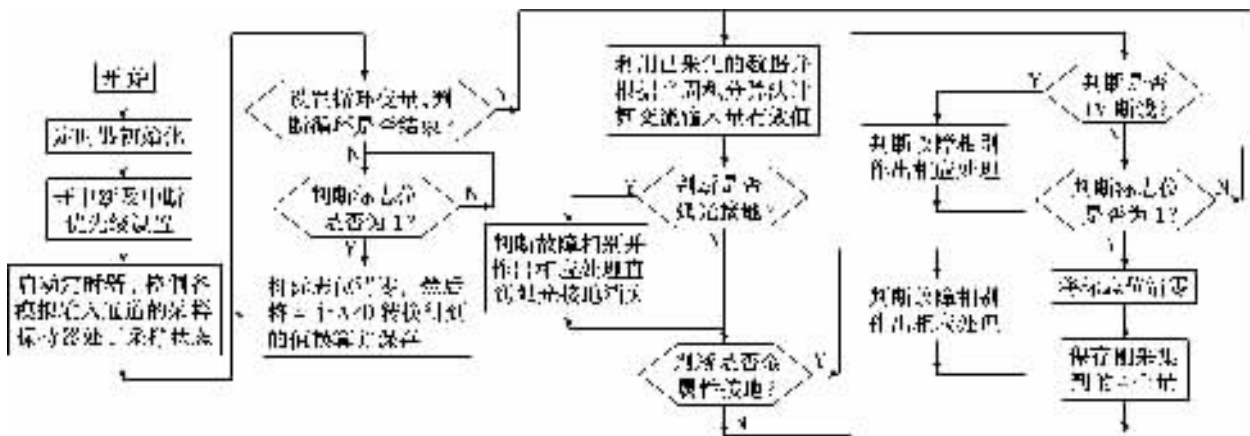
整个控制器软件由主程序和采样中断程序两大部分构成。

采样中断程序每隔一个采样时间间隔触发一次,每个周期采样 12 个点,在中断服务程序中,完成三相电压以及零序电压的采集和 A/D 转换。在主程序中,根据半周期积分算法将各个交流信号的最大值和有效值计算出来,然后判断是否有过电压产生,并作出相应的处理。采样中断服务程序的流程图如图 4 所示。



图 4 中断程序流程图  
Fig.4 Flowchart of interruption program

作出判断和相应处理,处理完毕后等待下一次的定时器溢出,周而复始,不断循环。主程序流程如图 5 所示。



## 4 结论

试验证明:采用新型消弧装置,各类过电压均被限制到较低电压水平,由过电压引发的绝缘事故大为减少;原作用时间最长、对系统及设备安全威胁最大的弧光接地过电压,随着故障相母线经消弧电阻接地而消失;原本可能引发的铁磁谐振过电压,由于母线过电压被限制在较低水平而不再发生;原来按设计规范要求装设消弧线圈的系统,可以不再装设,而且其限制过电压的功能将比装设消弧线圈更加可靠、完善;整套装置限制过电压的机理与电网对地电容电流的大小无关,因而其保护性能不随电网运行方式的改变而变化,各等级电网均可使用;装置简单,体积小,安装、调试方便。该装置特别适用于环境比较恶劣但又必须保证供电连续性的工矿企业,同时也适用于变电站和发电厂的高压供电系统。

- [2] 刘连睿. 10 ~ 35 kV 系统弧光接地过电压的危害及解决办法[J]. 华北电力技术, 1999, (3): 21 - 22.  
LIU Lian-rui. Damages solutions of overvoltage caused by 10 ~ 35 kV system arc earthing [J]. **North China Electric Power**, 1999, (3): 21 - 22.
- [3] 陈忠仁, 董浩斌, 李景禄. 自动消弧装置的接入对配电网运行的影响及对策[J]. 华北电力技术, 2003, (8): 18 - 21.  
CHEN Zhong-ren, DONG Hao-bin, LI Jing-lu. Influence on power distribution system connected with automatic arc-suppressing device and countermeasures [J]. **North China Electric Power**, 2003, (8): 18 - 21.
- [4] 李景禄, 李朝晖. 自动补偿消弧装置用于配电网若干问题的讨论[J]. 高电压技术, 2001, 27(6): 61 - 64.  
LI Jing-lu, LI Zhao-hui. Discussion on auto arc suppressing device in distribution network [J]. **High Voltage Engineering**, 2001, 27(6): 61 - 64.

(责任编辑:柏英武)

[1] 李 谦,王晓瑜,招誉颐,等.配电网间歇性电弧接地过电压抑制措施的仿真研究[J].电网技术,1994,18(5):42-48.  
LI Qian, WANG Xiao-yu, ZHAO Yu-yi, *et al.* Simulation research on the restraining measures of the intermittent arcing grounding overvoltage in the power distribution system [J].

都洪基(1960-),男,山东烟台人,高级工程师,研究方向为电力系统及其自动化;

叶 婷(1982-),女,江苏南京人,硕士研究生,研究方向为电力系统及其自动化。

## DU Hong-ji, YE Ting

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** Arc grounding is a serious trouble threatening the safe operation of power distribution network. Arc suppression coil grounding or small resistance grounding functions as protection to a certain extent. The realization of a novel arc-suppression device is brought forward and the hardware and software designs of its controller are presented. The theoretical analysis and field tests show that it overcomes the shortcomings of traditional ones and is simple, small and easy to install and commission.

**Key words:** arc-suppression device; over-voltage; arc grounding; metal grounding