

# 最少拍环网控制系统

程福雁, 李永伟, 安平

(河北科技大学, 河北 石家庄 050054)

## Least Beating Loop Network Control System

CHENG Fu-yan<sup>1</sup>, LI Yong-wei<sup>2</sup>, AN Pin

(Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050054, China)

**摘要:**给出了一种基于重合次数最少、快速隔离故障段线路的10 kV配电网线路保护模式,即最少拍环网控制系统模式。该模式适用于绝大多数带辐射分支的环网控制系统,具有开关动作次数最少、对线路的冲击最小、快速隔离故障段线路、自动恢复非故障段线路供电的优点。分析了即使在三相“完全”短路,某控制器检测失误时最少拍的保护过程,提出了最少拍环网供电模式的一组参考参数,叙述了电压型保护模式和电流型保护模式的故障隔离过程,指出了其优点和不足。

**关键词:**最少拍;环网控制;复合控制单元;完全短路

**中图分类号:** TM762

**文献标识码:** A

**Abstract:** A new type of distribution line protection mode for 10 kV power supply network—least beating loop network control system mode is introduced in this paper. This mode is suitable for most of loop network system with radiation branches. It has some advantages of minimum switching numbers of operation, minimal shock on the distribution line, rapid isolation from the failure segment, and automatic energization of the healthy segment, some typical protection processes are analyzed, etc..

**Key words:** least beating; loop network control; complex control unit; full short-circuit

## 1 引言

所谓最少拍是指配电线路发生局部故障时,供电系统中相应的开关动作次数最少、在自动隔离故障的过程中对供电系统影响范围最小、故障隔离后非故障段线路的自动恢复时间最短。集数据采集管理系统(SCADA)、管理信息系统(MIS)、地理信息系统(GIS)等以“四通”通信为主的供配电网络无疑是我国电力系统在供配电和管理上的发展趋势。但对一个县级的10 kV配电网,动辄数千万的投资,确实使我国大多数的地区望而却步。因此,根据我国实际情况推广应用一种以保护为主,可靠性高、成本低的最少拍环网供电系统,具有广泛的社会基础和

非常重要的现实意义。

## 2 电压型控制器构成的环网系统

电压型控制器是以电压为参量进行线路故障判断和状态检测的设备。以电压型控制器组成的环网供电系统,其保护模式源于日本东芝公司20世纪60年代的电压故障诊断仪<sup>[1,2]</sup>,因其能自动隔离故障段线路和自动恢复非故障段的供电,而一度受到人们的青睐;但终因其在故障隔离的过程中重合次数多、影响范围大、非故障区域的恢复时间长和在特定条件下存在电压检测误区等不足,而逐渐引起人们的注意。下面以图1为例简述其工作原理。其中: $C_1, C_2$ 为自动重合器; $F_1 \sim F_6$ 为电压型分段器; $L_1$ 为联络开关。

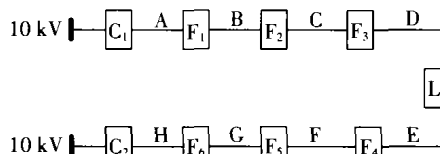


图1 环网控制系统

假设B段线路发生永久性故障, $C_1$ 因过流而分断, $F_1, F_2, F_3$ 失压自动分闸;一段时间后 $C_1$ 重合, $F_1$ 单侧加压延时合闸,且合闸到故障点上; $C_1$ 再次因过流而分断, $F_1$ 再次失压分闸,且记录输出侧故障并闭锁, $F_2$ 因在 $t_1$ 时间接收到 $F_1$ 合闸时的电压脉冲而闭锁;一段时间后, $C_1$ 再次重合闸成功,线路A恢复供电,经过一段较长的时间后, $L_1$ 单侧加压延时合闸,几秒钟后, $F_3$ 单侧加压延时合闸,从而隔离故障段线路B,恢复所有非故障段线路的供电。其时序见图2。

从上述分析可以看出:①重合器 $C_1$ 两次重合才能隔离故障段线路。②B段线路故障 $C_1$ 分断、重合、再分断、再重合,才能隔离故障段线路和恢复部分非故障段线路的供电,因此引起了大范围(A段线路)的失电,对于多级级联的配电网,其缺点尤为明显。③整体的隔离时间较长,一般 $C_1, C_2$ 的重合间隔在3.5 s以上, $F_1 \sim F_6$ 的延时合闸时间( $t_1$ 时间)也达数秒

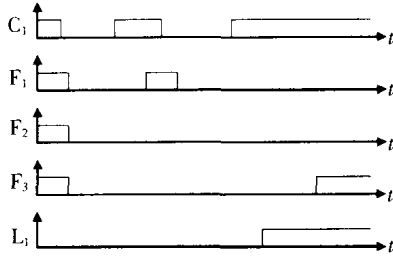


图2 B段线路故障时序图

钟。因此,由于B段线路故障,使非故障线路A失电3.5s后电源恢复几秒钟,再次失电3.5s后,才使A段线路恢复供电。④电压波动和电磁干扰易引起控制器判断失误。一般电压型控制器是应用10kV线路电压作为故障判断的依据;线路电压小于30%认为失电,大于80%认为正常,线路电压在30%~60%认为故障<sup>[1,2]</sup>。若在10kV线路的出口端故障或末端故障,或因故障种类的不同将可能引起判断失误。

### 3 电流型控制器构成的环网系统

电流型重合、分段器主要是参考美国COOPER公司的控制与保护模式,在我国的应用已相对普及,我国的国家标准就是以电流型的控制与保护模式而制定的<sup>[1,3]</sup>。电流型保护有其显著的优点:①易于实现反时限保护,可方便地与主变熔断器特性相配合,达到一种“充分”的时间保护模式。②故障判断准确,可靠性高。过流即是故障,与运行环境、故障种类关联较小。③可对故障进行分类,实现涌流保护、过流保护、限时速断及速断保护,使供电系统的运行状态更加合理。④可以方便地调节过流定值,针对线路的负荷进行保护,可以将故障和过负荷区分开来。

其不足之处在于,单纯电流型控制器及保护模式不能自动恢复非故障段线路的供电,难以分段隔离故障区域,下面仍以图1为例说明电流型控制及其隔离过程,其中: $C_1, C_2$ 为电流型自动重合器, $F_1 \sim F_6$ 为电流型自动分段器, $L_1$ 为联络开关。

假设B段线路发生永久性故障, $F_1, F_2, F_3$ 的记忆次数分别设为3,2,1,则 $C_1$ 重合两次后, $F_1$ 在零压零流的状态下分断, $C_1$ 再次重合成功,恢复主干线路A的供电;由于 $F_2, F_3$ 失压后并未分断,联络开关 $L_1$ 的存在已经没有实际的意义( $L_1$ 可以应用手动开关,在单侧电源停电或故障处理的过程中发挥作用),可见,因B段线路的故障引起了较大面积的停电,其时序见图3。

从上述分析可以看出,单纯电流型的控制器无法完成自动环网功能,即故障段线路的最小隔离和非故障段线路的尽快恢复供电。可见,人们为了实现



图3 B段线路故障时序图

自动环网功能,在没有更好的选择之前钟情于电压型控制器是有一定道理的。

### 4 复合型控制器构成的环网系统

综上所述可以看出,电压型控制器的优点是能够自动隔离故障段和自动恢复非故障段线路的供电,电流型控制器的优点在于能够准确地判断故障和对故障类型进行分类。如果控制器的设计兼有电压型和电流型控制器的优点,相互弥补其不足,则不难实现一种“最佳”的保护模式。下面仍以图1为例说明电压-电流复合型控制器构成的环网供电系统。

#### 4.1 复合型自动重合器和复合型分段断路器组成的环网供电系统

复合型自动重合器是指以电流为依据判断故障和故障类型,以电压为依据,以时间为参量实现故障段的自动隔离和非故障区域的自动恢复供电<sup>[1]</sup>;复合型分段断路器是以断路器为开关本体,以电流、电压、时间为控制参量的分段器。由于负荷开关和断路器的价格相差不大,且以断路器为开关本体的分段器(分段断路器)在配网保护的设计中应用相当灵活,故而以自动重合器和自动分段断路器组成的配电网,在我国相当普遍,其保护模式的设计更是多种多样。笔者综合多种保护模式的特点,给出了一种故障隔离的过程中影响区域“最小”、重合器动作次数“最少”、故障隔离“最快”的最少拍环网供电模式。

最少拍环网供电模式是以电流为参量判断故障,以时间为参量隔离故障段线路,以电压为参量自动恢复非故障段线路的供电,实现了电流、电压、时间等参数的有机结合。下面仍以图1为例,说明“最少拍”环网供电模式的故障隔离过程,分别假设A, B, D段线路发生永久性故障,说明其保护过程,为消除临时性故障,设定 $C_1, F_1, F_2, F_3$ 均有一次重合闸,重合间隔0.5~0.8s。

##### (1)假设A段线路发生永久性故障

若A段线路故障, $C_1$ 因过流而分断, $F_1, F_2, F_3$ 失压自动分闸,0.5~0.8s后, $C_1$ 重合失败且进入合闸闭锁; $F_1$ 在延时合闸时间段内感受到 $C_1$ 重合时的电压脉冲,感知输入侧故障而进入合闸闭锁;一段时间后 $L_1, F_3, F_2$ 依次延时合闸;从而隔离故障段线路A,恢复非故障段线路B, C, D的供电,其时序见图4。

从上述分析可以看出,对于A段线路故障,只

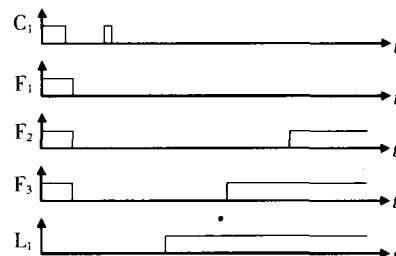


图4 A段线路故障时序图

要 0.5~0.8 s 即可进行隔离;数秒钟后即可恢复所有非故障段的全线供电。

### (2) 假设 B 段线路发生永久性故障

若 B 段线路故障,  $F_1$  因过流而分断,  $F_2, F_3$  失压自动分闸, 0.5~0.8 s 后,  $F_1$  重合失败且进入合闸闭锁;  $F_2$  在延时合闸时间段内感受到  $F_1$  重合时的电压脉冲, 感知输入侧故障而进入合闸闭锁; 一段时间后,  $L_1, F_3$  依次延时合闸, 从而隔离故障段线路 B, 恢复非故障段线路 C, D 的供电, 其时序见图 5。

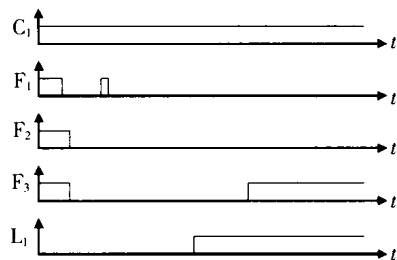


图 5 B 段线路故障时序图

可以看出, 对于 B 段故障, 只要 0.5~0.8 s 即可进行隔离; 数秒钟后即可恢复所有非故障段的全线供电。另外, 对于 B 点故障, 非故障段线路 A 未受到任何影响, 这一点优于其它保护模式。

### (3) 假设 D 段线路发生永久性故障

若 D 段线路故障,  $F_3$  因过流而分断, 0.5~0.8 s 后,  $F_3$  重合失败且进入合闸闭锁;  $L_1$  在延时合闸时间段内感受到  $F_3$  重合时的电压脉冲, 感知输入侧故障而进入合闸闭锁, 从而隔离故障段线路 D, 其时序见图 6。

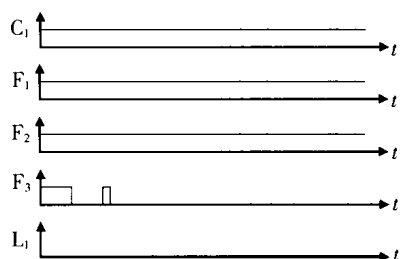


图 6 D 段线路故障时序图

可见, 对于 D 段线路故障, 只要 0.5~0.8 s 即可进行隔离, 而对其它所有非故障段线路均不会受到任何影响。

## 4.2 最少拍环网供电模式因“完全”短路引起检测失误的处理

所谓“完全”短路是指故障点发生短路故障且短路点有“良好”的接触, 造成下一级开关无法检测到因故障而重合的电压脉冲。下面以 C 段线路发生三相“完全”短路为例, 说明最少拍环网供电模式的保护过程。

C 段线路发生永久性“完全”短路故障,  $F_2$  因过流而分断, 继而  $F_3$  失压自动分闸; 0.5~0.8 s 后,  $F_2$  重合失败且进入合闸闭锁; 因 C 段三相“完全”短路, 所以  $F_3$  无法接受到  $F_2$  重合过程中的电压脉冲, 一段时间后  $L_1$  延时合闸, 因  $F_3$  无故障记录而单侧

加压延时合闸,  $F_3$  合闸到故障点上进入重合前加速分闸且进入合闸闭锁, 从而隔离故障段线路 C, 恢复非故障段线路 D 的供电, 其时序见图 7。

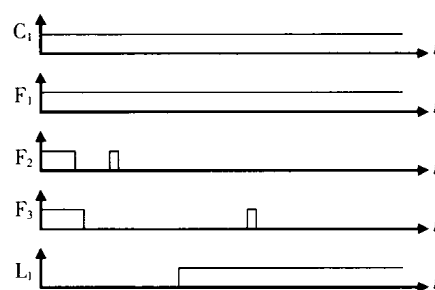


图 7 C 段线路故障时序图

可以看出, 即使在检测失误的情况下, C 段线路的故障对非故障段线路 A, B 没有任何影响, 数秒钟后即恢复了对 D 段线路的供电, 这一点在配电保护中极其重要。

比较上述几种控制与保护模式, 对于 B, C, D 段线路故障, 除最少拍模式外, 对故障点前级的非故障线路均造成一次或几次的失电、上电冲击。如仅是 D 段线路发生永久性故障, 将依次对 C, B, A 段供电线路造成一次甚或几次的失电、上电冲击, 一般 C, B, A 段供电线路面积依次增大, 即线路末梢的故障将造成一次或几次大面积的失电、上电, 其影响是不言而喻的。而“最少拍”环网供电系统, 在隔离故障的过程中, 对于故障点前级的线路段无任何影响, 大大提高了系统的供电质量和供电的可靠性。

## 4.3 最少拍环网供电模式的参考参数

$C_1, C_2$  定时限延时时间 400 ms, 重合间隔 0.8 s;  $F_1, F_6$  定时限延时时间 300 ms;  $F_2, F_5$  定时限延时时间 200 ms;  $F_3, F_4$  定时限延时时间 100 ms;  $F_1 \sim F_6, L_1$  失压分闸延时时间 0.3 s, 加压延时合闸时间 2 s; 重合前加速分闸时间 0 s,  $L_1$  的延时合闸时间 4 s。

## 5 结语

指出了电压型和电流型保护模式的优点和不足, 提出了“最少拍”的概念, 并对最少拍保护模式进行了较详细的分析; 当三相“完全”短路时, 即使在某控制器检测失误时最少拍系统的保护过程仍然非常简洁、可靠; 同时给出了最少拍环网供电模式的一组参考参数。

## 参考文献:

- [1] 程福雁, 郑 军. 关于架空网络中几种供电模式的探讨[J]. 高压电器, 2001(4): 20-24.
- [2] 李永伟, 程福雁. 基于无通信的环网供电模式及其智能化控制系统[J]. 河北省科学院报, 2003(4): 20-23.
- [3] 刘培宏. 配电网保护自动化[J]. 电器开关, 1997(4): 18-22.

作者简介: 程福雁(1957-), 男, 硕士, 主要研究方向为电力系统自动化。