

低压断路器及其在配电网路上的保护选择性问题

刘涛

北京市地铁运营有限公司, 北京 102200

[摘要] 低压断路器是集控制和保护于一体的电器元件, 是低压配电网和电力拖动系统中非常重要的保护电器。在配电回路中上下级之间断路器的配合, 应首先确认上级断路器的瞬时脱扣电流, 该数值须大于下级断路器最大预期短路电流, 若两级断路器保护电流值差距不大, 则上级断路器可选择短延时脱扣器作为分级动作的保护。动作时间决定了短路跳闸的选择, 上级断路器短延时曲线与其瞬时保护曲线不能有相交点。因此, 对于选择上下级配电保护, 了解断路器的相关结构、参数、保护功能是非常重要的, 决定了配电网路是否能对末端设备起到良好的保护作用, 并将故障时的影响降到最低。

[关键词] 断路器; 脱扣曲线; 上下级匹配

DOI: 10.33142/ec.v3i12.2933

中图分类号: TU856

文献标识码: A

Low Voltage Circuit Breaker and its Protection Selectivity in Distribution Lines

LIU Tao

Beijing Subway Co., Ltd., Beijing, 102200, China

Abstract: Low voltage circuit breaker is an electrical component which integrates control and protection. It is a very important protective device in low-voltage distribution network and electric drive system. In the coordination of the circuit breakers between the upper and lower levels in the distribution circuit, the instantaneous tripping current of the upper level circuit breaker should be confirmed first, which must be greater than the maximum expected short-circuit current of the lower level circuit breaker. If the difference between the protection current values of the two levels of circuit breakers is not big, the upper level circuit breaker can choose the short delay trip breaker as the protection of graded action. The action time determines the selection of short-circuit trip, and the short-time delay curve of the superior circuit breaker and its instantaneous protection curve cannot intersect. Therefore, for the selection of upper and lower level distribution protection, it is very important to understand the relevant structure, parameters and protection function of circuit breaker, which determines whether the distribution line can play a good role in protecting the terminal equipment and minimize the impact of fault.

Keywords: circuit breaker; disconnection curve; upper and lower matching

引言

本篇通过介绍断路器的组成结构、分类、保护工作原理、脱扣曲线等相关参数, 介绍断路器的基本知识, 并通过常用的几种断路器的比较, 了解断路器中常用到的三段保护功能, 分析了在配电网路中起到的作用以及如何做好上、下级开关及整定值设置匹配的问题。

1 低压断路器介绍

低压断路器是集控制和保护于一体的电器元件, 是低压配电网和电力拖动系统中非常重要的保护电器。它用来分配电能的同时, 可对电路中的负载、线路起到保护作用。它既能带负荷合闸, 又有诸如失压、欠压、短路、过载等自动保护功能。功能上相当于刀闸开关、过电流保护器、热元件、漏电保护器等组合。一般由触头、灭弧栅、操作机构、脱扣器、外壳等构成。其中灭弧栅是用来消除触头分离时产生的电弧, 分断时产生的电弧在电场力的作用下向外拉伸, 灭弧栅通过隔片将电弧分隔多段短电弧, 利用近阴极效应进行灭弧。脱扣器分为电磁脱扣器、热磁脱扣器、电子脱扣器等类型。

1.1 电磁脱扣器

提供的是瞬时保护, 当电磁脱扣器流过的电流足够大时, 产生的磁场力克服反力弹簧, 吸合衔铁带动牵引杆, 从而带动机构动作切断电路。电磁脱扣器只提供磁保护, 也就是短路保护。

1.2 热磁脱扣器

包括了热脱扣和磁脱扣两种保护, 热脱扣提供的是长延时保护, 是通过双金属片过电流延时发热变形推动脱扣传动机构; 磁脱扣就是前面所述的电磁脱扣。热磁脱扣可提供两段保护。

1.3 电子脱扣器

电子脱扣器提供短延时保护,该脱扣器除双金属片的热磁脱扣功能外,还可以进行数值整定,可以确认脱扣值大小、脱扣时间等。脱扣器检测主电路电流后,利用放大信号作为推动脱扣机构的信号,它是以集成电路为基础,依靠互感器采样,控制电路判断,执行单元配合完成。该脱扣器还能通过内置通讯板卡实现电源侧各类参数的采样功能^[1]。

2 低压断路器保护工作原理

2.1 瞬时保护工作原理

从结构上看,断路器的主触头左侧与拉伸弹簧连接,右侧与锁链通过搭钩机械连接。当搭钩与锁链钩在一起时,动触头的铜片与主回路的静触头导通;在过电流如短路或严重过载的情况下,大电流流过电磁脱扣器感应线圈产生强磁场,产生吸力拉动弹簧,进而拉动脱扣机构,断路器迅速脱扣,从而产生保护作用。短路短延时可以通过选择 N 倍的额定电流来进行设置。短路保护是为了切断电源。

2.2 长延时保护工作原理

当回路发生过载问题时,该运行电流虽不能使电磁脱扣器动作,但能使双金属片上积累一定的热量,金属片发生变形。在经过一段时间的累积后,金属片受热弯曲幅度大到使其推动脱扣器内置杠杆,使锁扣打开,从而将触头分断,达到切断电源的目的。电流越大,发热量越大,动作时间越短。过电流保护可以选择 N 倍的额定电流来进行设置,一般为 8 倍以上的额定电流。长延时保护作用于切断电源或发出报警信号。目的是为了因过电流导致绝缘受损,进而造成火灾或者其他灾害^[2]。

2.3 短延时保护工作原理

短延时是断路器智能化的产物,在其功能模块上,其核心部件为微处理器,调节的方式为调节电位器,实现对断路器保护动作时间的选择。微处理器通过模拟量与数字量的转化与对比的结果,实现精准调整与控制。通过电流互感器采集电流信号,与设定值进行比较,当电流异常时,微处理器发出信号,使得电子脱扣器带动操作机构动作。

2.4 其他保护原理

2.4.1 欠压线圈

正常工作电压下:电磁力大于反力弹簧力,一直拉住顶杆;欠压或无电时:电磁力小于反力弹簧力,顶杆动作推动脱扣半轴脱扣。如不重新给欠压脱扣器正常电压,它一直会顶住脱扣半轴,使半轴无法回位

2.4.2 分励线圈

远程控制断路器分闸时使用,当需要断路器断开时,分励脱扣器线圈得电后,衔铁推动断路器脱扣机构动作造成跳闸。

3 低压断路器的相关参数

3.1 定时限动作特性与反时限动作特性

分析断路器的过电流保护的動作时间是否与电流有关,如果与电流大小无关,为定时限动作特性,保护器数值由负载侧向电源侧逐级增大,且保护的動作时间相同的,该動作时间与短路电流的大小无关。具有这种動作时限特性的过电流保护称为定时限过电流保护。

如果与电流大小成反比,则为反时限动作特性。反时限过电流保护是指短路电流越大,動作时间越短的保护特性。反时限过电流保护能更快的断开被保护线路首端的故障电流^[3]。

3.2 脱扣曲线

断路器的脱扣曲线反映的是断路器在规定的运行条件下,脱扣器脱扣时间与预期电流的函数关系为 t 与 I^2 成反比,断路器脱扣曲线为反时限曲线,电流越大,脱扣时间越短。一般根据断路器保护的负载,按脱扣特性曲线分有 A、B、C、D、K 型,常用的为 C、D 型:

C 曲线特性:脱扣电流为 5-10 倍额定电流,适用于保护配电线路、感性负载和高感照明回路等配电保护;

D 曲线特性:脱扣电流为 10-20 倍额定电流(微断为 10-14 倍),适用于高感负载和较大冲击电流的配电系统如电磁阀、变压器等动力保护。如图 1 左侧为施耐德 C65N C 型脱扣曲线,右侧为 D 型脱扣曲线。

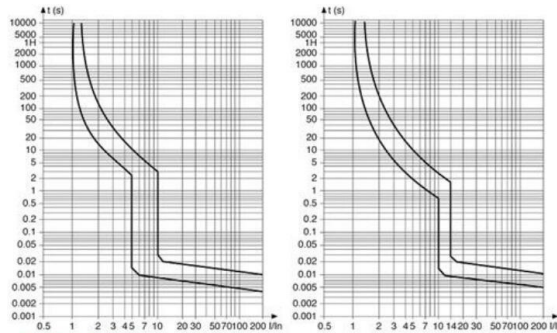


图1 施耐德 C65N C型脱扣曲线和 D型脱扣曲线

在左侧 C 型脱扣曲线图形中，横坐标表示 I/I_N ，即运行电流与额定电流的比值。纵坐标为时间。整体来讲，断路器电流与时间成反时限关系。图中有两条曲线，其中左侧曲线为脱扣器动作最小值，也可以叫做热态曲线，左侧曲线与横纵坐标包含住的整个区域叫做“不脱扣区域”，在该区域内的任意 I/I_N 数值，不会脱扣；右侧曲线为动作电流最大值，也叫做冷态曲线，该条曲线与横纵坐标包含的区域叫做“脱扣区域”，在该区域内的任意 I/I_N 数值，均会脱扣；两条曲线之间的区域叫做“可能脱扣区域”或“误差带”，在该区域内的 I/I_N 数值，存在脱扣的可能。只有断路器本身含有双金属片的机械断路器，才存在热态曲线和冷态曲线。在 I/I_N 值为 1 或小于 1 值时，曲线与纵坐标永不相交，因此这时脱扣器不会脱扣动作；当 I/I_N 值为 1-1.5 倍时，对应纵坐标的点进入两条曲线包含的范围内，表示脱扣器可能会动作；当 I/I_N 值大于 1.5 时，总会找到一点在“脱扣区域”，但是时间会较长。在左侧 C 型曲线图中， I/I_N 值在 1-10 范围内，两条线成“曲线”型，表示该脱扣器具有热脱扣，即过载保护功能； I/I_N 值在 5-10 范围内时，两条线为垂直的线，这两条线为磁脱扣器瞬时动作的阈值，表示自该 I/I_N 值开始，脱扣器进入速断阶段，具有了短路保护或漏电保护功能。在右侧的 D 型曲线图中，与 C 型曲线有区别的瞬时动作的阈值不同， I/I_N 值为 10-14。因此在地铁电控箱中，常用照明开关选用 C 曲线特性断路器，如 S262H-C16 (ABB) 或 C65N-C 2P 16A (施耐德)；水泵、阀门等动力开关，选用 D 曲线特性断路器，如 S262H-D16 (ABB)、或 C65N-D 2P 16A (施耐德)。

4 低压配电电路上电器的选择性问题的

对配电系统中应用的断路器来讲，上、下级开关及整定值设置匹配的问题是在设计初期就需要考虑的，保证上下级断路器之间的脱扣曲线没有重叠，才能保证断路器不误动作^[4]。

上下级断路器之间通过两者保护曲线动作区域不发生重叠或短延时数值的调节也不难做到优先选择性。但对于短路保护，选择性配合需考虑脱扣器动作值、延时保护、选择性联锁保护、等多种技术手段。对于短路保护，《低压电气设计规范》中规定：短路保护电器，应能分断其安装处的预期短路电流。预期短路电流，应通过计算或测量确定。当短路保护电器的分断能力小于其安装处预期短路电流时，在该段线路的上一级应装设具有所需分断能力的短路保护电器；其上下两级的短路保护电器的动作特性应配合，使该段线路及其短路保护电器能承受通过的短路能量。拿常用的 NSX 系列断路器来讲，引用施耐德两款断路器的脱扣曲线图进行分析，选择上下级匹配有三种选择，分别是电流选择性、时间选择性、能量选择性，在选择同样保护类型的断路器时如图 2：

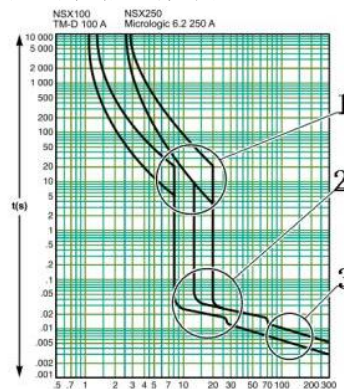


图2 热磁脱扣及电子脱扣曲线

“1”为过载保护即电流的选择性，上下级断路器之间长延时整定值“ I_r ”之比大于1.6:1，则不会出现越级跳闸或者同时跳闸的情况。

“2”为短延时保护即电磁保护短路的时间选择性：在调整上级断路器短延时 I_{sd} 值的时候，如果短路保护的电流整定值之比大于1.5时，能保证保护的选择性。

“3”为瞬时保护即短路大电流保护时间选择性：当上下级断路器均检测到大电流时，下级的断路器动作脱扣，上级断路器检测到但电流不足以使得脱扣器脱扣，从而避免了上下级均发生脱扣、同时跳闸的风险。当断路器额定电流之比大于2时，能保证保护的选择性。

配电回路中上下级之间断路器的配合，应首先确认上级断路器的瞬时脱扣电流，该数值须大于下级断路器最大预期短路电流，若两级断路器保护电流值差距不大，则上级断路器可选择短延时脱扣器作为分级动作的保护。短路跳闸的选择性是时间决定的，主开关用瞬时短路保护，后面分开关用短延时保护，如果发生短路时，可能是前面主开关先跳闸，因为短路瞬时的脱扣时间比短路短延时的脱扣时间要短。应考虑上级断路器的短路短延时特性曲线与瞬时特性曲线间不应相交。

5 结束语

对于选择上下级配电保护，了解断路器的相关结构、参数、保护功能是非常重要的，决定了配电线路是否能对末端设备起到良好的保护作用，并将故障时的影响降到最低。它是我们应关注并详加叙述的重中之重。

[参考文献]

- [1]中华人民共和国住房和城乡建设部. 低压配电设计规范[Z]. 2011-07-26.
 - [2]中华人民共和国住房和城乡建设部. 通用用电设备配电设计规范[Z]. 2011-07-26.
 - [3]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中国国家标准化管理委员会. 低压开关设备和控制设备 第二部分断路器[Z]. 2008-09-19.
 - [4]刘屏周. 工业与民用配电设计手册第四版[M]. 北京: 中国电力出版社, 2016.
- 作者简介: 刘涛(1982.6-)男, 北京人, 汉族, 大学本科学历, 电气设计中级, 研究方向为电气工程及其自动化技术。