

# 论城市轨道交通环网中压供电系统保护

杨天洲

重庆市轨道交通(集团)有限公司 重庆 400000

**【摘要】**：在具体工程中，大分区环网中压供电系统是其中的一个重点，但由于其复杂程度高，需要根据实际情况进行合理的设计和施工，并制定出一套适用范围更广的中压供电系统。文章就大分区环网中压供电的保护方案进行了论述，阐述了其基本原理、配置和应用方法，以供参考。

**【关键词】**：城轨建设；大分区环网；中压供电系统

## On the Protection of Medium-voltage Power Supply System in Urban Rail Transit Ring Network

Tianzhou Yang

Chongqing Rail Transit (Group) Co. Ltd. Chongqing 400000

**Abstract:** In the specific project, the medium voltage power supply system of large partition ring network is one of the key points, but due to its high complexity, it needs to be designed and constructed reasonably according to the actual situation, and develop a set of medium voltage power supply system with a wider range of application. This paper discusses the protection scheme of medium voltage power supply in large area ring network, and expounds its basic principle, configuration and application method for reference.

**Keywords:** Urban rail construction; Large partition ring network; Medium-voltage power supply system

### 引言

针对大分区供电系统来说，为其提供必要的电力保护，可以减少总的维修周期，特别是在母线和区间内。所以，在对保护方案进行全面分析的情况下，应该考虑到供电系统的特点，采用相应的中压电源保护方式。

### 1 中压供电系统网络结构趋势及保护配置

从目前的情况来看，城市的轨道交通系统必须要有相应的电力供应，包括牵引变电所、跟随变电所、主变电所、混合变电所和降压变电所。在以上系统中，每一条线路的变电所都必须从主变电所供电，以保证其正常运行。在初期，大部分的轨道线路都配备的分散式城市轨道交通供电系统，其主要集中在那些拥有稳定的中压电力供应发达的城市。目前大部分城市都有更多的电源和系统的需求，所以它具有相对独立以及较高复杂性的日常运行方式，这些情况已经不适用于城市中的分散供电。

针对大型城市交通分部，应建立大分区集中供电系统。每个主变电所均可设置五条以上的输出线路，以方便中央电源的集中。利用以上的改善措施，可以大大降低整个系统所消耗的有色金属铜，同时也方便了现场施工和节省了隧道的空间<sup>[1]</sup>。不过，从客观上来说，集中供电方式对继电保护的速度性和选择性的要求更高。随着城市化的不断加速，大分区的轨道供电系统越来越受到更多部门的重视，因为它具有较低的造价和易于施工和运行维护的特点。

### 2 传统保护配置方案及面临的问题

35kV 变电站应该采用手拉手供电的方式。在这种情况下，站内母线和区间电缆往往是系统的保护对象。母线装有避雷

器、封闭式母线、进出线柜、PT 设备等。系统出线、系统馈线等是系统总线的重要组成部分，并将整个供电系统连接起来。在母线保护中，采用后备电流保护，以保证进、出线的安全。在一些区间故障发生后，若要快速完成故障的处理，必须依靠线路差动保护。

但是，在实际应用中，若差动保护以“退出”的形式出现，或故障点出现在保护范围的死区，则会使线路的故障难以快速地被切断，由于过流保护的存在，系统会出现有选择性的行为模式，因此必须保证其满足时序差异的基本需求。由于线路差动保护不与母线的故障直接相关，所以在发生母线的特殊故障时，应紧密地考虑其当前的动作时序差异，以保证与其对应的不同的选择行为能够满足一定的保护时差要求。当前，我国大部分供电系统均设置了数量较多的分区变电所，并与电网内的主要变电所紧密联系。从过电流保护的角度考虑，过流保护的延时为 1.5 秒。对分区变电所来说，它往往难以与对应的运行时刻进行协调。所以一旦出现了故障，那么供电系统周围的一些问题就会受到很大的影响<sup>[2]</sup>。此外，当一些主要变电所突然发生故障时，会引起分区供电方式的变化，需要对运行保护延时的相关数据进行重新配置，使其上下级匹配。在特定情况下，若不能达到以上设定的数值，则会使系统呈现出较大的断面积。在严重的情况下，供电系统还会出现越级跳闸现象，从而给后续的故障恢复和诊断造成很大的影响。

### 3 各部分的配置原则

(1) 区间电缆：建立了多个保护机制，其中主保护采用了光纤差动保护，其次是线路电流的比值纵向保护，并在上述基础上进行了后备保护，形成了多层次、全方位的保护系统。

(2) 母线: 主保护采用母线差动保护, 以保证母线发生故障时的瞬间跳闸, 并能及时地消除安全隐患; 后备保护采用母线电流相比较的纵联保护, 其硬件是出入线路的综合保障。

(3) 馈线柜: 这一环节的核心要素是对整流变的保护和电力电缆的保护, 所以常采用综合的电流保护, 使故障发生后迅速跳闸、报警。

(4) 母联柜: 还配置有与母线切换相关联的自投功能, 从而进一步提高了安全性<sup>[1]</sup>。

## 4 继电保护及安全自动装置运行原则及原理

### 4.1 对线路展开主保护

对出线柜的主保护采用了两种措施并行的方式, 即采用光纤差动保护和电流相位比较相结合的方式进行, 这两种方式结合起来, 可以在出现区间故障后进行瞬间切断, 也可以在短时间内准确地进行故障的截断。光纤差动保护技术成熟可靠, 运行简单, 在我国城市轨道交通中得到了广泛的应用。而相位比较型纵联保护, 主要是针对线路两端的短路电流进行分析, 并对两端的故障进行正确的判断, 如果两端都有故障电流, 则认为外部故障, 而只有一方有故障, 则认为是局部内部故障。

### 4.2 线路后备保护

采用同一时间延迟的过电流保护, 并配有相应的辅助措施, 一般都会设定一个加速过流段, 以实现保护。在发生电流相比较的纵联保护系统发生故障时, 为了能正常地处理突发事件, 会立即启动这种保护, 以保证线路保护的选择性。

### 4.3 母线主保护

按母线施工条件, 为每一分段分别设置单独的母差保护, 在这种配置模式下, 母差保护机制将会形成母线失效的主要保护机制, 当出现故障时, 可实现瞬时切除, 减少不良影响。母线差动保护以单元保护为核心, 集灵敏、综合、方便等多种优点于一身。由于母线差动保护的快速性及 100% 的选择性, 可以有效地避免因馈线电流保护启动闭锁而造成的复杂接线现象, 且无需考虑馈线电流保护的协调要求, 具有很好的灵活性。

### 4.4 母线后备保护

基于电流保护器, 建立了母线电流相位对比式纵联保护, 并在母线发生故障时, 增加了相应的保护效率和效率。通常情况下, 只有在获得正确的测量值之后, 才能做出判断。具体来说, 如果进、出线、母线三部分中, 仅有一处出现了故障, 而在一定的延迟时间内, 仍未排除故障, 则认为是母线故障, 这时, 立即下达跳闸指令, 有效地完成了跳闸。

### 4.5 馈线保护

为了达到对电力系统的保护, 通常要注意两个方面: ①为电力设备提供相应的保护; ②保护非电量, 包括但不限于变压器过热跳闸、直流系统整流器跳闸、框架泄漏保护。

### 4.6 母联保护

母联保护是指具有延迟特性的过电流保护。在这种情况下, 可以参照有关的过流加速段的保护延迟, 二者基本上是一致的。

### 4.7 断路器失灵保护

(1) 在馈线断路器发生故障时, 可为其提供故障保护的装置。这时, 应该指出, 当延迟超过 200ms 时, 要马上开始汇流母线。

(2) 进线断路器失灵。当线路故障时, 线路两侧的差动保护或电流比较保护同时动作, 跳开进线断路器及上游断路器, 此时进线断路器即使失灵也不影响故障的切除。当母线故障时, 母线差动保护动作于进出线和母联跳闸, 进线断路器如果失灵, 母线故障无法切除, 此时母线电流比较保护会随后动作, 并通过母线跳闸总线跳开进出线和母联, 同时启动进出线失灵及母联失灵保护, 经 200ms 延时后联跳上游断路器, 切除故障。

(3) 出线断路器失灵。当线路发生故障时, 一般都会会有一个差动保护, 这个反应模式可以让断路器和出线断路器之间发生有效的跳闸, 当断路器发生故障时, 它不具备切断故障的能力, 启动了进出线保护, 延迟 200ms 后将其切断。当母线出现故障时, 进出线、母线跳开就是母线差动保护动作。

### 4.8 GOOSE 通信的数字化保护

中压供电系统变电站一般设置光纤电流差动为主保护, 设置过电流保护为后备保护。而大分区供电方式情况下常规的后备过电流保护无法很好满足保护对选择性、速动性的要求, 因此目前在后备电流保护中加入通信电流保护功能是解决该问题的一种较好的解决方案。通信电流保护利用 IEC61850 规约, 采用 GOOSE 网络数据传输保护启动、联跳闭锁、开关的位置信号等信号, 根据这些信号保护装置可实现选择性跳闸或者保护闭锁功能。若 GOOSE 通信中断将直接影响闭锁信号的传递, 导致数字通信过流保护误动作, 因此通信中断时需将通信过流保护功能实时闭锁。所以及时检测到 GOOSE 通信中断, 并准确快速判断 GOOSE 通信中断显得尤为重要。GOOSE 报文发送采用心跳报文和变位报文快速重发相结合的机制。在 GOOSE 报文传输过程中, 一般如果一个数据包丢失则需要重传相同的包数次, 在这顺序传输的数据包中包含一个“允许存活时间”信息, 它的作用为提示数据包接收端等待下一个重传数据包的最长时间间隔; 如果接收端在这个时间间隔内没有收到相应的重传数据包, 接收端就可诊断 GOOSE 链路出现问题, 判断为 GOOSE 通信中断。

## 5 安全保护方案在城市轨道交通工程的应用分析

通过上述分析, 提出的保护措施综合运用, 取得了良好的效果, 并已在轨道交通建设中得到了推广。通过对仿真线路区

间故障、馈出线故障、母线故障等故障的测试，证明了该保护系统在各种工况下都能正常工作，并能适应各种工况，运行效果与分析结果一致，从而证明了这种保护方法的有效性。

### 5.1 保护配置

图1是保护配置方案示意图，根据图中内容进行分析，主要用于进出线的主保护采用了MiCOMP521，采用MiCOMP746作为母差保护，采用MiCOMP143作为母线和馈线，但是没有光纤信道。

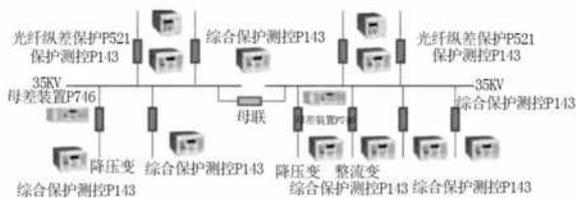


图1 双环网保护配置

MiCOMP521具有多种功能，除基本的差动保护外，还具有过流保护、负序过流保护、跳闸电路、冷负荷启动等多种功能，具有高度的选择性和快速性，操作灵敏度高、稳定性好。

MiCOMP143是一种综合性能很高的安全防护设备，具体包括电流、电压等主要防护，并具有相应的辅助和测量功能。多亏了该设备的PSL逻辑程序设计，使得该设备可以灵活地设置过流保护区段的启动和闭锁状态，并可以实现自动控制，如母联备自投等。

### 5.2 装置保护的时限

(1) 在线或汇流相比较的纵联保护中，其时间限制都为0.3秒。

(2) 母线过流保护时限和进、出线加速保护时限都为0.5秒。

### 参考文献：

- [1] 鲍鸣.一种35kV大分区供电保护方案在地铁中的应用分析[J].现代城市轨道交通,2020(04):19-22.
- [2] 黄委.城市轨道交通大分区环网中压供电系统保护方案探讨[J].中国设备工程,2022(4):229-230.
- [3] 谢红,夏金凤,张华志.可靠性理论在城市轨道交通供电系统中压环网分区设计中的应用[J].城市轨道交通研究,2016,19(2):83-86,100.
- [4] 王凯建,隋佳斌,陈海辉.基于GOOSE通信的智能保护装置在青岛地铁中压供电网络的应用[J].都市快轨交通,2019,32(2):109-115.
- [5] 何俊文.城市轨道交通中压环网继电保护方案的优化设计[J].基层建设,2015,13.

(3) 进出线过流保护时间为0.9秒，但具体情况视情况而定，如不考虑过流保护起动失效，可适当缩短时间，如0.7秒。

### 6 不同故障点和运行状态下保护动作实例

某供电系统设有35kV的主变电所，其在特定时间段表现为供电故障的状态。通过运用多层次的供电保护操作，对上述的系统故障妥善地进行了全面切除，并且在两小时的时间段内恢复了该区域供电。其中，系统故障点分别涉及母线故障，线路区间故障以及馈出线的故障。受到不同状态的保护装置影响，上述各种类型的供电故障都能够予以相应处理，确保其能够获得优良的故障处理实效性。由此可见，对于断路器失灵以及其他典型性的35kV供电故障而言，应当因地制宜选择与之相适应的保护动作。比如某城市地铁设有MiCOM的光纤保护装置，其基本特征应当属于纵差保护。针对后备过流保护而言，对其设置了带光纤通道的测控装置。与此同时，对于系统现有的馈线与母线同样设置了上述型号的光纤差动保护然而并不需要为其配置光纤通道。MiCOM具备差动保护的属性，其主要适用于快速双端线路。除此以外，上述保护装置还设有负序过流保护、接地保护、跳闸回路保护、涌流闭锁、逻辑编程以及断路器监控等多层次的保护性能。通过运用上述的系统保护措施，应当能够保障整个系统具备的可靠性、敏锐性以及速动性特征，对于其现有的选择性也能予以显著增强。

### 7 结语

因此，城市轨道交通的稳定运营需要多种基础设施的支撑，而大分区中压供电系统的应用尤为重要，但它的运行环境和内部构成因素也很多，因此需要对其进行有效的保护，以提升整个大分区中压供电系统的运行水平。在本文中，针对选择性较强、速度较快的基本需求，进行了设计和分析，给出了一些基本的思路、原则和具体的保护机制，以期对同行们有所借鉴。