

地铁 OCC 电力调度仿真培训系统 继电保护模块的开发

刘春明, 刘德强, 杨泽平, 罗世荣

(西南交通大学 电气工程学院, 四川 成都 610031)



作者简介: 刘春明 (1987-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统继电保护与控制以及电力系统仿真。

摘 要: 针对地铁 OCC 电力调度仿真培训系统继电保护模块准确性与实时性的需要, 并为满足地铁 OCC 电调、行调及环调联合培训实时性的要求, 研究了采用分层思想且使用全逻辑判断法的继电保护模型, 设计了相应的故障处理流程。以某地铁线的仿真培训系统为例, 验证了模型及流程的正确性。

关键词: 地铁; OCC; 电力调度; 继电保护仿真; 保护模型

中图分类号: TM77; TP391.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2012)04-0061-03

Development of Relay Protection of Metro Operation Control Center Power Dispatch Simulation Training System

LIU Chun-ming, LIU De-qiang, YANG Ze-ping, LUO Shi-rong

(School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: In order to satisfy real-time and fidelity requirement of simulation training system relay protection of the metro operation control center (OCC) power dispatch, and also guarantee real-time requirement of power dispatch, traffic dispatch and control dispatch combined training, protection models using hierarchical thinking and all logic judgment method were studied, and the corresponding fault simulation flow was designed. Finally, the models and flow were verified by taking the simulation training system of a metro as an example.

Key words: metro; OCC; power dispatch; relay protection simulation; protection model

0 引言

地铁供电系统故障仿真是地铁运营操作控制中心 (Operation Control Central, 简称 OCC) 电力调度仿真培训系统中的一个重要功能, 用于培训调度员判断处理事故的能力。故障仿真的核心是仿真继电保护的動作情况, 用于培训的保护仿真系统应满足实时性、适用性、逼真性以及灵活性的要求。

现有的继电保护仿真方法有 3 种: 逻辑判断法、定值判别法、混合仿真法。逻辑判断法的优点是实时性好, 缺点是无法完整地仿实现没有预想到的故障, 并且受运行方式影响较大。定值判断法能够准确计算供电系统的电气量的改变, 使用继电保护数学模型来仿真, 逼真性好, 但仿真需要进行大量计算, 当地铁线

路多时, 需要耗费大量时间, 实时性不好。混合仿真法是结合以上 2 种方法的优缺点而发展来的, 实时性和逼真性都比较好, 但适用性不强, 必须根据实际情况来判断使用哪种具体方法。

地铁 OCC 电调、行调及环调联合培训时, 各种故障情况多而复杂, 系统的计算量较大。本文结合此情况, 为了满足准确性和实时性的要求, 采用全逻辑判断法。

本文主要研究地铁供电系统各类故障及其保护的仿真方法, 开发了继电保护仿真模型, 设计了相应的保护流程。

1 故障设置

本文采用面向对象技术, 对于每个设备元件, 都建立一个类, 该类包括此设备的常见故障。当教员端设置故障后, 系统首先判断哪个设备出现故障, 然后

根据具体故障情况调用相应保护模型,如图1。

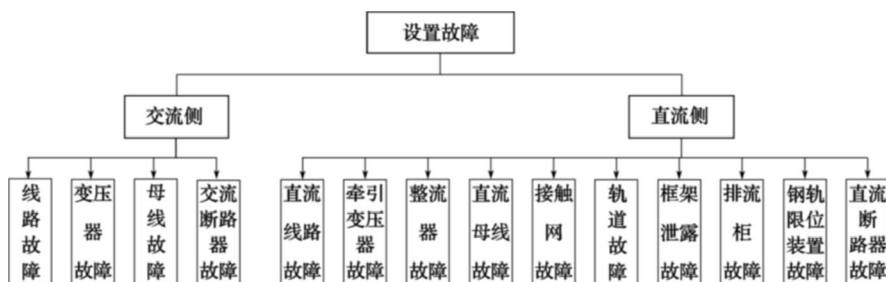


图1 故障设置框图

因地铁供电系统采用直流供电,并且交流侧与直流侧故障及所配置保护有所不同,故分开讨论。

①交流侧线路故障与母线故障包括接地、断相及相间故障。变压器故障包括外部和内部故障。变压器内部故障有油箱、线圈短路等故障,外部故障有线路接地、相间短路、过负荷等故障。交流断路器故障主要包括断路器线圈断线、断路器烧损等故障。

②直流侧线路故障与母线故障无相间故障。牵引变压器由于主要采用干式变压器,故无油箱故障。整流器故障主要包括换相过电压、内部短路、过载等故障。接触网故障主要包括断线、短路、过载等故障。轨道故障主要是轨道过电压。框架泄露故障主要包括直流设备内正极对外壳短路、接触网对架空地线短路等故障。排流柜故障主要包括快速熔断器烧断等故障。钢轨限位装置故障主要包括接触器过热等故障。直流断路器故障主要是极大电流下,断路器无法满足灭弧要求而烧损等故障。

③地铁OCC电调、行调及环调联合培训时,需考虑行调及环调故障对电调的影响,如:行调的列车同时行使辆数过多,导致接触网热过载等故障;环调的大型火灾,导致供电系统的短路、断线等故障。

设置故障时,可以指出故障是瞬时性故障还是永久性故障。同时,可以在保护装置上设置保护拒动、误动或者断路器拒动、误动,即在设置某一设备故障的同时,设置对此故障设备构成保护的保护装置内的保护是否拒动、误动,此处的断路器是否拒动、误动。

2 保护模型设计

保护模型设计是继电保护仿真培训系统的重要组成部分。本文采用全逻辑判断法设计保护模型。针对上述故障,建立模型时分为交流侧线路保护、母线保护、变压器保护、交流断路器保护;直流侧直流线路保护、牵引变压器保护、整流器保护、直流母线保护、接触网保护、轨道保护、框架泄露类保护、直流断路器保护等模块。

实际供电系统中,为了确保故障发生后能够迅速切除故障元件,以减少损失,在每个设备上都装有多重保护,并且尽量要满足继电保护的选择性、快速性、

灵敏性和可靠性。所以对于供电系统的故障,总是以最短时限动作的保护将故障切除。本模型依据此规律,针对供电系统的某个故障,根据继电保护通常情况下动作的类型建立模型。

以接触网保护为例,主要配置的保护有电流变化率(di/dt)和电流增量(ΔI)保护($di/dt-\Delta I$ 保护又称DDL保护)、大电流脱口保护、定时限过流保护、低电压保护、接触网热

反时限保护、双边联跳等。根据教员端设置的故障类型,例如教员端设置接触网金属性短路,通常情况下由大电流脱口保护动作,切除故障元件,则建立模型时,如果教员触发此故障,程序将调用大电流脱口保护模型,由大电流脱口出口,并配合整定的延时,对其构成保护动作。

需要指出的是,对于接触网非金属性短路,距安装保护装置处长度占线路长度50%内,由DDL保护的 ΔI 保护出口,如果超过50%,则由DDL保护的 di/dt 保护出口。

3 主要数据结构

①设备输入输出关系表:主要用来描述设备及其联系情况,具有双向输入输出关系,与现实设备情况相符,而且为后文分层模型建立时的设备搜索提供依据。

②故障信息表:主要包括故障类型、故障距离(距安装保护装置处长度占线路长度百分比)和保护性质(瞬时或永久故障)等信息。

③保护装置表:包括各保护装置、远后备保护装置、有无自动重合闸和状态等信息。

④保护类型表:包括所属保护装置、保护类型、保护范围、动作时限、种类(主保护或后备保护)和状态等信息。

4 总体保护模型设计

总体保护模型的设计是继电保护仿真培训系统的重要组成部分。本文所设计总体模型的特点是计算范围小、计算次数少,非常适合多条地铁线路的大规模供电系统,也适合考虑地铁OCC环调、行调联合培训的环境。

4.1 层次结构的建立

地铁所配置保护具有这样的特点,即某个元件配置1~3个主保护的同时,配置几个后备保护,并且在此设备的上级为其配置远后备保护,具有分层的特点。本文结合此特点,采用分层思想。

图2为某地铁供电系统一次系统简化图,A、B处都安装了反应电气量的主保护,例如大电流脱口保护,

DDL保护等,也安装了后备保护,例如定时限过电流保护、双边联跳等。同时C、D、E、F处安装了A、B的远后备保护。如果以短路点K为中心,沿着连通线路向电源侧搜索的话,就形成了层次结构,如图3。

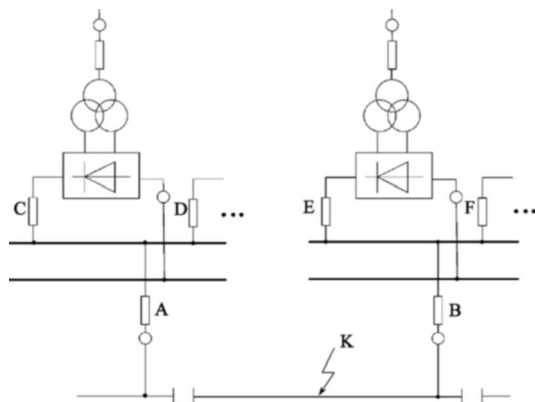


图2 某地铁供电系统一次系统简化图

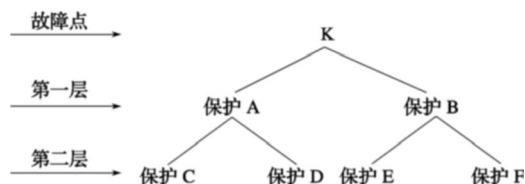


图3 保护层次示意图

需要指出的是,图中A指安装在此处的保护装置,此保护装置保护包括主保护和后备保护。根据实际情况,搜索层次限制在3~4层,这样既可以满足逼真性的要求,达到与实际相符,也能够节省很多的时间。因为传统仿真程序运行时,每次故障,将会对全网的保护装置搜索一遍,如果只限制在3~4层,将节省大量时间。

4.2 故障处理流程设计

当完成层次结构的建立后,进入故障处理流程。具体步骤如下:

①当故障发生时,按照所建立的层次结构,首先进入到第一层的保护装置,如图2中的保护A、B,由其中的主保护类型对故障构成保护,当主保护拒动时,调用保护A、B中的后备保护对其构成保护。

②如果保护A、B处所配置的断路器拒动,则进入第二层的保护装置,如图2中的保护C、D和保护E、F。保护C、D为保护A的远后备保护,保护E、F为保护B的远后备保护,由第二层的远后备保护对故障构成保护。

5 仿真和测试情况

本文研究的继电保护模块是基于某城市地铁1号线OCC电力调度仿真培训系统研发的。该地铁1号线有2个110 kV主变电所、7个牵引降压混合所和9个降压变电所。

本文采用的全逻辑判断法和层次结构模型处理流程能够很好地应用于继电保护模块中。在仿真测试中,每个主变电所使用了53个故障案例,每个牵引降压混合所使用了65个故障案例。每个降压变电所使用了36个故障案例。这些故障中,既包括了供电系统本身发生的简单故障、保护及断路器拒动下的复杂故障,也包括了行调、环调发生故障时,影响供电系统所引起的故障。同时,还随机进行了大量调度员误操作情况下模拟,如带电开、合隔离开关等。在进行的上述故障测试用例中,采用本文所设计模型及流程的仿真结果与理论、调研的结果完全一致,证明本文所设计的模型及流程是正确的。

6 结语

本文研究的地铁OCC电力调度仿真培训系统继电保护模块有以下特点:

①考虑地铁供电系统的复杂性,把整个供电系统分为交流侧和直流侧。这样可以分开讨论故障及保护情况,不仅能够嵌入已经实现的交流保护模块,而且能够方便地研究及实现直流侧保护模块。

②考虑地铁OCC电调、行调及环调联合培训及地铁供电系统的复杂性,采用全逻辑判断法及分层模型,能够很好地协调大量故障发生时仿真的准确性和实时性。

③本文使用模块化设计方法,各种保护分开设计,在需要加入保护类型时,单独增加1个模块即可,开发及调试都比较方便,使系统满足适用性和灵活性的要求。

参考文献:

- [1] 张旭,张东英,孙涛,等. 基于逻辑判断法的继电保护仿真系统开发[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(2): 53-56.
- [2] 贾宁,常鲜戎. 调度员培训仿真系统(DTS)继电保护模块的开发[J]. 继电器, 2007, 35(23): 19-23.
- [3] 李林,秦立军. 地区电网DTS及继电保护仿真的研究[D]. 北京:华北电力大学, 2005.
- [4] McLaren P G, Mustaphi K, Benmouyal G, ect. Software models for relays[J]. Power Delivery, IEEE Transactions, 2001, 16(2): 238-245.
- [5] 张华英. 地铁直流牵引供电系统保护配合的探讨[J]. 电气化铁道, 2001(3): 7-9.
- [6] 王靖满. 直流牵引供电系统继电保护配置及整定的探讨[J]. 电气化铁道, 2009(6): 30-32.
- [7] Qing Liu, Shijie Cheng. Object-Oriented Methods Drive Protective Relay System[J]. IEEE-Computer Application in Power, 2000, 13(1): 33-37.
- [8] JC Brown, J Allan, B Mellitt. Calculation of remote short circuit fault currents for DC railways[J]. IEE Proc.B, 1992, 139(4): 289-294.