第27卷 第3期 石家庄铁道大学学报(自然科学版) Vol. 27 No. 3

2014 年 9 月 JOURNAL OF SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY (NATURAL SCIENCE) Sep. 2014

全并联 AT 双边供电方式的故障测距方法

马燕宁

(西南交通大学 电气工程学院 四川 成都 610031)

摘要: 高速铁路已经成为我国铁路的必然发展趋势。介绍了适宜于高速铁路发展的双边供 电方式,对双边供电方式下全并联 AT 供电系统的等值电路进行了分析和仿真,在等值电路的基 础上研究了全并联 AT 双边供电方式的故障测距方法,并提出了基本的测距流程。

关键词: 双边供电; 全并联 AT 供电系统; 故障测距

中图分类号: U226.5 文献标志码: A 文章编号: 2095-0373(2014) 03-0079-05

0 引言

随着我国经济的持续增长,铁道的发展成为交通运输的核心问题。为了解决客货运量严重的饱和与 铁路运输能力之间的矛盾,中国将提升铁路运行速度,增大铁路运营密度作为铁路发展的重点。电气化 铁道一般采用单边电源供电。在这种供电方式下,为了减小单相负荷引起的负序电流,牵引供电系统通 常采用换相连接的方法,这就使得两个牵引变电所之间的分区所处存在电分相,不利于高速行车,并可能 引起异相短路故障等问题。双边供电几乎不需要增加相应的专业设备,线路改造的成本低。与此同时, 双边供电可以减少一半的电分相数量,有利于列车的高速运行,增加了供电的可靠性^[1-2]。因此,双边供 电牵引供电系统具有一定的经济和技术优越性,值得进一步研究。

1 双边供电系统结构分析

由于 V/x 接线牵引变压器具有容量利用率高,供电臂电压水平高,负序电流小等优点^[3],且可以由既 有单相变压器改装得到,因此我国全并联 AT 供电系统多数采用 V/x 接线牵引变压器。结合高速铁路普 遍采用的全并联 AT 牵引供电系统,并考虑到轮流换相接线方式,给出如图1所示双边供电系统示意图。



图1 双边供电系统示意图(加图)

当系统正常运行时,关合线路中间分区所开关,以实现双边供电。当系统发生故障时,先断开分区所 处断路器,使得双边的供电系统恢复单边供电方式,这样可以缩小故障范围。然后对双边的供电系统分 别进行检查,判断发生故障的系统,并判断故障是发生在上下行线路上还是发生在牵引变压器处:若故障

DOI: 10. 13319/j. cnki. sjztddxxbzrb. 2014. 03. 17

收稿日期: 2013 - 12 - 06

作者简介: 马燕宁 女 1989 年出生 硕士研究生

发生在上下行线路上,可以断开相应的断路器和隔离开关,将故障区段隔离,并恢复非故障区段供电;若 故障发生在牵引变压器处,则要通过断路器和自动重合闸的配合,切除故障牵引变压器,启用备用变压器;若双边的供电系统中有一个变电所无法实现供电,可由另一边的变电所对其供电区段进行供电,原理 与越区供电相似^[4]。

2 双边供电方式等值电路分析

全并联 AT 双边供电牵引网 T-R 短路电路图如图 2 所示^[5]。为了简便分析与计算,不考虑牵引变压器内部阻抗的影响,即认为双边供电时两个相邻变电所的电压是相等的。假设 AT 变压器为理想变压器。图 2 中, L_A 为变电所 A 方向第一个 AT 所到短路点的距离,单位 km; D 为短路点所在 AT 段的长度,单位 km; X 为变电所 A 方向与短路点最近的 AT 所到短路点的距离,单位 km; L 为供电臂总长度,单位 km。



图 2 全并联 AT 双边供电牵引网短路电路图

由文献 [6] 中所阐述的单边供电方式下的单线 AT 供电方式的等值电路推导方式,等效推导出全并联 AT 双边供电方式的 T-R 短路等值电路,如图 3 所示。由于两侧变电所的距离一般在 50 ~ 70 km,其线路 长度远小于电压波长,可以忽略空间对线路参数的影响,因此这里的等值电路采用集总参数模型,未考虑 分布参数特性。图 3 中, $Z_1 = (Z_T + Z_{RF} - Z_{TR} - Z_{TF})/2 Z_2 = Z_R + (Z_T + Z_{TF} - Z_{RF} - 3Z_{TR})/2 Z_3 = (Z_F - Z_T)/4 + (Z_{TR} - Z_{RF})/2 。$



图 3 全并联 AT 双边供电牵引网 T-R 短路等值电路(1)

为了计算和分析更加直观,对图 3 中并联区段进行合并,并对短路处进行△-Y 转换,可以得到图 4 所 示等值电路(2)。

对串联的电阻进行合并,得到等值电路图(3),如图5所示。令 $Z_{AA} = (Z_1Z_2 + Z_2Z_3 + Z_1Z_3) / [2(Z_2 + Z_3)], Z_{BB} = (Z_1Z_2 + Z_2Z_3 + Z_1Z_3 + 2Z_2^2) / [2(Z_2 + Z_3)],则可得到最终的全并联AT 双边供电牵引网 T-R 短路等值电路图(4),如图6所示。由 T-F 短路的电路进行推导,可以得到相同的等值电路图。$



图 4 全并联 AT 双边供电牵引网 T-R 短路等值电路(2)



图 5 供电牵引网 T-R 短路等值电路(3)

图 6 供电牵引网 T-R 短路等值电路(4)

前文已假设双边供电时两个相邻变电所的电压是相等的,则对图 6 中两边电流进行分析可知 $L_A Z_{AA} I_a = (L - L_A) Z_{AA} I_b L_A = L I_b / (I_a + I_b)$ 。因此,在测得两边变电所流出电流的基础上,可求出 L_A 的值,即 T-R 短路点距离变电所 A 方向第一个 AT 所的距离。

在单边供电的全并联 AT 供电方式下,一般采用"AT 中性点吸上电流比"、"横连线电流比"和"转移 阻抗法"等方法进行故障测距^[79]。但在全并联 AT 双边供电方式下 根据上述故障测距的原理,通过在两 边变电所安装故障测距装置,测得两边变电所流出电流的值,集中后进行简单计算,即可完成故障测距, 相比较之前提到的几种原理,本原理更加简单。

3 故障测距方案仿真分析

根据图 2 搭建 Matlab / Simulink 的全并联 AT 双边供电方式仿真模型,其主要参数为:两个牵引变电 所间的牵引网供电臂长度为 60 km,其中各 AT 段长度分别为 15 km、16 km、14 km、15 km; AT 变压器容量 32 MVA 漏抗 0.15 + j0.6; 牵引网线路阻抗值如表 1 所示。根据 $L_A = LI_b / (I_a + I_b)$ 计算出 L_A 的仿真结 果,如表 2 所示。

表1 举引网线路阻抗											
线路阻抗	阻抗值/ $Ω$	互阻抗	阻抗值/Ω	互阻抗	阻抗值/Ω	互阻抗	阻抗值/Ω				
z_T	0. 231 4 + j0. 681 3	z_{TR}	0.05 + j0.413 3	$z_{T_1 - T_2}$	0.05 + j0.328 8	$z_{R_1 - T_2}$	0.05 + j0.291 8				
z_F	0.14 + j0.582 6	z_{TF}	0.05 + j0.313 7	$z_{T_1-R_2}$	0.05 + j0.291 8	$z_{R_1 - R_2}$	0.05 + j0.314 0				
z_R	0.212 + j0.764 3	z_{FR}	0.05 + j0.305 3	$z_{T_1-F_2}$	0.05 + j0.316 9	$z_{R_1 - F_2}$	0.05 + j0.280 2				

由表 2 仿真结果可以看出,故障测距方法与实际情况存在一定误差,原因是故障原理未考虑变压器漏抗,但总体来说,故障测距方法误差不超过 0.05 km。

4 双边供电方式的故障测距方案

4.1 故障测距的启动

在接触网正常运行时,两边变电所的数据采集装置持续对变电站的交流电流量进行采集。当接触网 发生短路故障时,故障测距单元在继电保护动作下启动。故障测距单元采用内部启动和外部启动的双启 动方式,内部启动是指根据继电保护综合装置的内部保护判断程序(如:自适应距离保护程序、低电压启 动的过电流保护程序等),判定保护启动时,同时启动故障测距单元程序;外部启动是指根据馈线保护装 置(保护继电器)的动作信号来启动故障测距单元,两者本质上是一致的。在内部启动失效的情况下,外 部启动将强制启动故障测距单元 从而保证了故障测距的顺利启动。由于两边变电站故障测距单元的启 动采用同一信号来源,可以最大限度的实现两边故障电流量的同时性。

衣 2 效 陴 测 起 切 具 结 未												
实际故障	I_a /A	I_b /A	仿真计算	实际故障	I_a /A	I_b /A	仿真计算					
距离/km			故障距离/km	距离/km			故障距离/km					
0	28 437.5	13.26	0.02	36	1 649.29	2 471.94	35.99					
6	4 882.81	543.88	6.01	42	1 577.63	3 669.81	41.96					
12	4 658.44	1 167.88	12.02	48	1 169.63	4 656.27	47.95					
18	3 680.94	1 581.56	18.03	54	542.62	4 869.38	53.97					
24	2 460.94	1 640.63	24	60	12.31	28 375.67	59.98					
30	3 857.19	3 848.23	29.97									

4.2 故障数据的传送

电站的故障测距单元处,进行故障距离计算。根据我 国目前铁道通信发展的形势,可以采用两种形式传送 信息量 即利用远动通道和铺设故障测距的专用信息 传送通道。利用远动通道传送信息的优点是不用增加 投资,系统改造工程量小 缺点是信息传输的时间延迟 变电所 A 故障测距单元启动 变电所 B 故障测距单元启动 比较严重; 铺设故障测距的专用信息传送通道的优点 是信息传输的时间延迟很小 缺点是要额外铺设专用 通道 增加了系统改造的工程量和成本。考虑全并联 AT 双边供电方式的主要应用范围是高速铁路客运专 线 其安全性和稳定性的要求非常高 因此选用铺设故 障测距的专用信息传送通道的方式更能满足要求。

4.3 故障测距流程图

根据上述分析 给出全并联 AT 双边供电方式故障 测距的流程如图 7。

5 结论

根据全并联 AT 双边供电方式的结构和等值电路 提出了新型的故障测距原理。该原理计算简单 ,经 仿真证明准确有效,并同时适用于 T-R 短路和 T-F 短路,但并不能分辨出两种短路的不同,不能作为故障 类型判断的依据。在原理的基础上,分析了全并联 AT 双边供电方式故障测距的流程图,为后续故障测距 装置的研发提供了参考。

考 文 献

[1]李强. 客运专线双边供电方案研究[D]. 成都: 西南交通大学电气工程学院 2011. [2]李波. 高速铁路双边供电继电保护方案研究 [D]. 成都: 西南交通大学电气工程学院 2011. [3]徐红红 涨雷. AT 牵引供电方式的分析及应用[J]. 铁道运营技术 2007, 13(4): 8-11. [4] 周娟 陈小川 何顺江. 同相 AT 牵引网供电方式及保护方案研究 [J]. 电气化铁道 2007(5):14. [5] 辛成山 张美娟. 交流电气化铁道双边供电研究[J]. 电气化铁道 ,1998(2):6-11. [6] 辛成山. AT 供电系统等值电路推导方法 [J]. 电气化铁道 ,1999(1): 17-20 ,35. [7]鲍英豪. 全并联 AT 供电系统馈线保护与故障测距方案研究 [D]. 成都: 西南交通大学电气工程学院 2008. [8]卢涛 韩正庆 ,王继芳. 全并联 AT 供电方式的故障测距方法 [J]. 电力系统及其自动化学报 2006 ,18(2):27-30.





[9]王继芳. 全并联 AT 供电牵引网故障测距研究 [D]. 成都: 西南交通大学电气工程学院 2006.

Fault Location Method for Bilateral All-parallel AT Traction Power Supply System

Ma Yanning

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

Abstract: High speed railway has become the inevitable development trend of railway in our country. This paper introduces the bilateral power supply system that is suitable for high speed railway development , and analyzes and simulates the equivalent circuit of the bilateral all-parallel AT power supply system. On the basis of the equivalent circuit , fault location method for the bilateral all-parallel AT power supply system is studied , and the basic ranging process is put forward.

Key words: bilateral power supply; all-parallel AT traction system; fault location method

Brushless DC Motor Controller Based on PIC MCU

Lv Zhongjun, Liu Zechao

(School of Mechanical Engineering , Shijiazhuang Tiedao University , Shijiazhuang 050043 , China)

Abstract: This paper introduces a brushless DC motor controller based on the PIC18Fxx MCU. The Motor Hall signal acquisition, overcurrent protection, undervoltage protection, PWM speed control and speed closed-loop control are realized. The main hardware circuit and the flowchart of software are designed. The reliability and stability of the system is verified by experiment and simulation.

Key words: BLDC; PWM; closed-loop control; MCU

(责任编辑 车轩玉)