

用分流器取代霍尔传感器进行电流测量

杨莹冰

(深圳市地铁集团有限公司 广东深圳 518000)

摘要 介绍地铁供电系统采用的直流大电流测量方式,论述分流器和霍尔传感器的工作原理。根据直流开关柜一次回路和二次回路的特点,设计制订用分流器取代霍尔传感器进行电流测量更新改造的方案;通过在实际应用中的比较,发现传统技术分流器是更适合地铁直流大电流测量的简单可靠方案。

关键词 地铁供电系统;开关柜;直流大电流;测量;霍尔传感器;零点漂移;分流器

中图分类号 U224 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2013)02-0127-03

深圳地铁 1 500 V 直流开关柜主要用于电能分配(见图 1),它将直流大电流输送至接触网,其正常运行电流为 -2 kA ~ 4 kA,故障电流可达 30 kA 左右。由于直流开关柜是关系到地铁能否正常运行的重要设备,所以对其电流测量回路的准确性和可靠性均具有较高要求。虽然分流器是传统技术,霍尔传感器是先进技术,但霍尔技术在实际应用中却存在着诸多问题。因此,对测量更新改造方案进行探讨有很大的实际意义。

1 霍尔传感器和分流器的工作原理

1.1 霍尔传感器工作原理

1.1.1 霍尔效应

霍尔传感器的基本原理是霍尔效应(Hall effect)。如图 2 所示,在 Y 轴方向上(垂直于导体或半导体薄片)有磁通感应强度为 B 的磁场,同时在 X 轴方向上通电流 I_H ,则半导体薄片在 Z 轴上产生一个微小电压

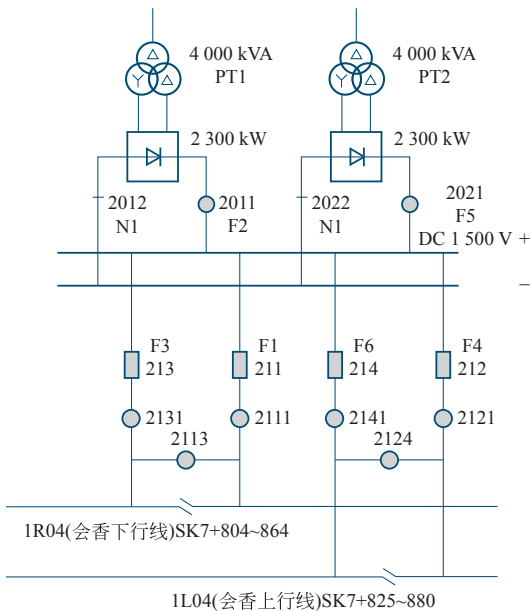


图 1 直流 1 500 V 馈线柜一次回路

U_H ,即霍尔电势,其大小可表示为

$$U_H = (R_H/d) I_H \quad (1)$$

式中: R_H 为霍尔系数,由半导体材料的性质决定; d 为半导体材料的厚度。

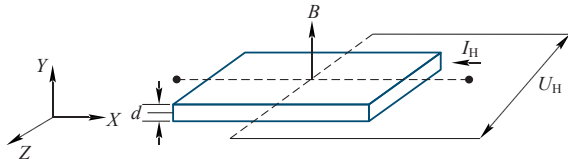


图 2 霍尔效应原理

设 $R_H/d = K$,则式(1)可写为

$$U_H = K I_H B \quad (2)$$

式中, K 为乘积灵敏度。

可见,霍尔电压与控制电流及磁感应强度的乘积

收稿日期:2012-04-27 修回日期:2012-05-22

作者简介:杨莹冰,女,助理工程师,从事地铁供电系统运行维护的技术指导,iceberg1616@163.com

成正比; K 值越大,灵敏度越高;元件厚度越小,输出电压也越大。

1.1.2 电路原理

用霍尔互感器可测量直流、交流及脉冲等任意波形的信号,带宽为 0 ~ 100 kHz,响应时间为 1 μ s,准确度可达 1.0 ~ 0.1 级,线性度优于 0.1%,等等。磁场平衡式的霍尔电流传感器在软芯铁芯上绕有一组副线圈,电流通过时产生的磁场与主回路被测电流产生的磁场方向相反。设定两个回路的匝数相等,所产生的磁场相互抵消,呈现零磁通状态。一旦被测电流发生变化,磁场失去平衡,霍尔器件就有电压信号输出,副线圈就有一定的电流通过,可表示为

$$I_p = \frac{N_s}{N_p} I_s \tag{3}$$

式中: N_p 为主回路绕线匝数; I_p 为主电流,即被测电流; N_s 为次级回路绕线匝数; I_s 为次级回路电流,已知 I_s 就知道主回路电流 $I_p N_s$ 的大小。

1.2 分流器工作原理

图 3 是深圳地铁本次更新改造使用的分流器。在电路中接入分流器,当电流通过时会产生一个成比例的电压降,将一个动圈式仪表接到分流器,然后测量分流器端子两端的电压降;根据欧姆定律(见图 4),用测得的电压除以分流器的电阻,就可以得到电路中的电流。校正分流器,用这种方法得到一个规定精确的毫伏级电压降。

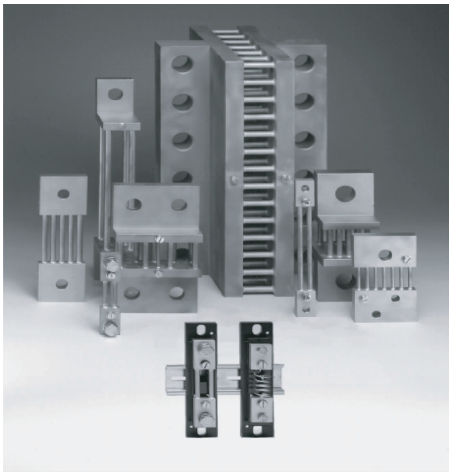


图 3 WEIGEL0.5 级分流器

2 电流测量回路更新改造

2.1 电气主回路改造

将现有霍尔传感器与 SEL 板卡的结合方式,改造为分流器与变送器的结合方式。拆除断路器出线端铜排及出线端隔离触指,安装分流器及出线隔离触指,特别

要注意出线隔离触指与铜母排高度距离公差等尺寸的配合,以及出线隔离触指与铜母排型号的配合。一次回路的改造情况如图 5 所示。

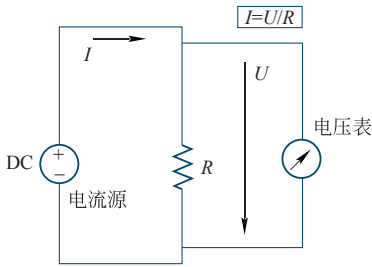


图 4 分流器电流测量原理

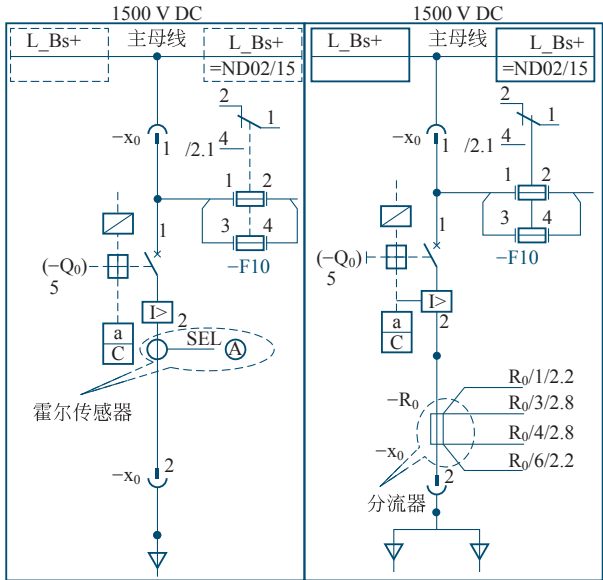


图 5 改造前后一次回路比较

2.2 二次控制回路改造

拆除断路器二次控制箱内的 SEL 测量板卡及其上的 SEL 传感器二次线,取下 SEL 测量板卡。安装断路器分流器二次耐压线,安装直流电流测量变送器;改造断路器航空插头、插座接线及二次控制室内接线。二次回路的改造情况如图 6 所示。

2.3 改造后的质量控制

改造完成后,应参照国家现行的管理条例和规范以及 IEC 和 DIN EN 50123 标准,完成下列试验:断路器操作试验、断路器主回路介电试验、断路器辅助线路绝缘试验、断路器主回路电阻测量、电流测量回路功能试验、断路器手车位置试验、断路器紧固件力矩的检查。

3 霍尔传感器和分流器使用比较

3.1 霍尔传感器使用情况

2009 年 4—12 月,1 号线一期 1 500 V 直流快速断路器共发生 8 起由电流测量故障引发的误跳闸事件,其电流测量回路采用的是霍尔传感器与 SEL 测量板卡相结合的技术。在深圳地铁 6 年的设备实际运行过程

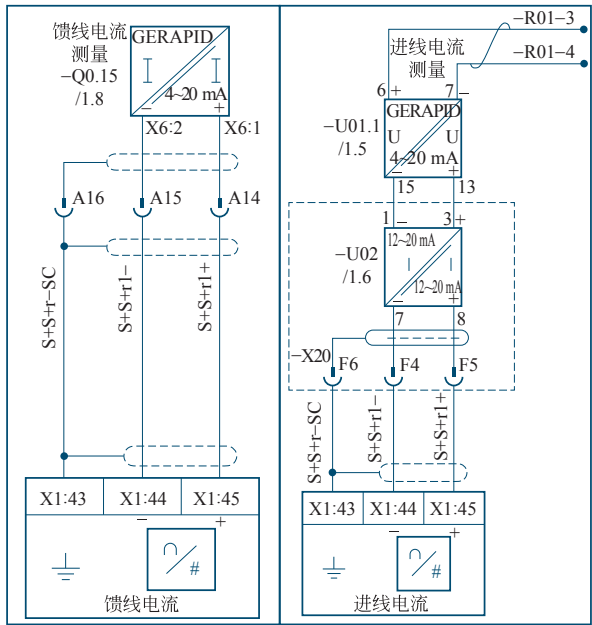


图 6 改造前后二次回路比较

中,主要存在以下问题:易受环境影响,电流测量性能不稳定,存在零点漂移的问题(见表 1);SEL 板卡易因元器件的老化、故障,导致其失效和故障。

表 1 1 号线直流 1 500 V 馈线电流零点漂移值 A

变电所/馈线柜	211	212	213	214
罗湖	560	336	—	—
大剧院	165	680	240	61.7
华强	160	273	280	143.3
会展中心	358	670	160	220
竹子林	620	780	140	214
竹子林车辆段	80	0	886.7	260
华侨城	880	480	300	280
香蜜湖	701.7	540	200	203.3

3.2 分流器使用情况

2010 年 10 月—2012 年 5 月,使用分流器组合改造后的断路器尚未出现因电流测量回路问题引起的误跳闸,且使用情况良好,各所均无零点漂移问题,电流测量精确度高。对测量回路进行测试,测试条件如下:分流器额定值为 4 000 A/60 mV;变送器为输入 ± 180 mV,输出 4 ~ 20 mA;使用大电流发生器,在一次回路加电流。测试情况如表 2 所示。

4 结语

从理论上分析,霍尔传感器的测量性能优于分流器的测量性能。对于深圳地铁的 1 500 V 直流开关柜,电流测量回路若使用霍尔传感器组合,则存在零点漂移大、故障率高等问题,且成本较高。但将其更新改造成分

流器组合后,供电可靠性得到提高,更适合于深圳地铁的现状,具有可推广性。总结深圳地铁的实际应用经验,该更新改造方案创造了经济效益和社会效益,对后续地铁建设或地铁同行选择直流大电流测量方案都具有指导意义和参考价值。

参考文献

[1] 吴金宏,倪向阳,吴昊. 霍尔电流电压传感器/变送器模块的性能及应用[J]. 国外电子元器件,2001(1):12-15.

[2] 美国福禄克公司计量校准部. 电流测量技术的新突破[J]. 前沿技术,2009,28(8):1-4.

[3] 武金玲,于红,艾树峰. 基于霍尔传感器的高压电流测量方法与实践[J]. 电讯技术,2003(3):116-118.

[4] 艾欣,杨以涵,张维荣. 直放式霍尔原理大电流互感器的研制[J]. 中国电力,2001,34(3):33-35.

[5] DIN EN 50123 - 4 - 2003 Railway applications - fixed installations; D. C. switchgear-part 4; outdoor d. c. switch-disconnectors, switch-disconnectors and earthing switches [S]. Berlin: the German Institute for Standardization,2003.

[6] 王安,周会高,牛安,等. 中国首次大容量试验短路电流测量国际比对[J]. 中国电力,2007,40(6):41-44.

[7] 成小玲,黄大华. LEM 公司磁平衡式霍尔检零电流传感器的工作原理和应用[J]. 电子元器件应用,2006,8(10):58-60.

(编辑:郭洁)

Replacing Hall Sensor with Shunt for Current Measurement

Yang Yingbing

(Shenzhen Metro Co., Ltd., Shenzhen 518000)

Abstract: Shunt and hall sensor are mainly the two ways in heavy direct current measurement. The former is traditional and the latter is modern. However, Line 1 of Shenzhen metro is facing problems like zero offset and high fault rate. Under these circumstances, if the hall sensor measuring system is adopted, it will affect the reliability of power supply system of the metro. In this paper, a renovation program replacing hall sensor with shunt has been designed for current measurement in line with the characteristics of primary and secondary circuit. Comparing hall sensor with shunt through practical application, the author found out that shunt was a simpler and more reliable way for measuring heavy direct current.

Key words: metro power supply system; switchgear; heavy direct current; measurement; hall sensor; zero offset; shunt