

文章编号:1001-1609(2003)01-0027-03

技术讨论

一种永磁操动机构的智能控制与电子驱动装置的研制

张俊民¹, 徐国政¹, 钱家骊¹, 窦晓峰², 许裕²

(1.清华大学, 北京 100084; 2. 北京北开电气股份有限公司, 北京 100020)

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT CONTROLLING AND ELECTRONIC DRIVING DEVICE FOR PERMANENT MAGNETIC OPERATING MECHANISM

ZHANG Jun-min¹; XU Guo-zheng¹; QIAN Jia-li¹; DOU Xiao-feng²; XU Yu²

(1.Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2.Beijing Beikai Electrical Co., Ltd., Beijing 100020, China)

摘要: 永磁操动机构的控制与驱动电子化可实现其小型化和免维护。笔者研制的智能控制与电子驱动装置采用 CPLD 完成智能控制,并采用由 SCR 和 IGBT 组成的电子开关通断合分线圈电流,它不仅能完成断路器的合分闸操作,还具有过流/欠压分闸、合分闸闭锁、以及操作系统的故障监测、诊断与报警等功能。通过在断路器上成功的操作试验,给出了电子开关控制切断合分闸线圈电流较合理的时间范围。

关键词: 永磁操动机构; 智能控制; 电子驱动

中图分类号: TM561 **文献标识码:** A

Abstract: The miniaturization and the maintenance free of permanent magnetic operating mechanism can be achieved by electronic-controlled driving device. An intelligent controlling and electronic driving device developed for this type of mechanism in this paper adopts CPLD to perform the intelligent control and electronic switch being composed of SCR and IGBT to control the opening/closing coil current. The device can not only control opening/closing operation of circuit breaker, but also has the functions of over-current/under-voltage trip, closing/opening interlock for mal-operation and monitoring and diagnosis and warning for the failure of the operation system. After successfully operating experiment in a vacuum circuit breaker with this device, a reasonable time period to break the opening/closing coil current by the electronic switch is presented.

Key words: permanent magnetic operating mechanism; intelligent control; electronic-controlled driving

1 引言

真空断路器的操动机构主要有电磁操动机构、弹簧操动机构和永磁操动机构。电磁式操动机构是真空断路器中最先采用的操动机构,其机构较简单、零件较少,但需要较大容量的直流电源。弹簧操动机

构应用较广,采用交流小功率电动机完成对合闸弹簧的储能,小功率电能实现分闸,但其零部件较多,结构复杂,仍有不可靠的因素。

永磁操动机构是近年来发展起来的一种新型操动机构。这种机构将电磁铁与永久磁铁有机地结合在一起,利用永久磁铁产生的磁力将真空断路器保持在合闸位置或分闸位置,而无需任何传统的机械脱扣、锁扣装置。该机构的输出力特性可以设计得很接近真空断路器的负载特性^[1],因此,可直接与真空灭弧室相连。该机构体积较小、零部件少、结构简单,使断路器动作可靠性大大提高。目前,在结构上有双线圈式、单线圈式和分磁路式 3 种形式,前两种形式称为双稳态永磁机构^[2]。

在传统操动机构中,电气控制与驱动部分是采用继电器式的控制方式,其控制线路简单,但控制单元体积较大,零部件寿命较短,维护工作量大。随着现代电子技术的进步,电力电子器件性能和参数的提高,可用电子元件代替机电式继电器和有触点的辅助开关等部件来实现对断路器的控制与驱动。在永磁操动机构中,由于其结构特点,用电子式控制方式比传统的控制方式更加经济和可靠^[3]。

笔者研制了一种智能型双稳态永磁操动机构电子控制装置,不仅实现了对断路器合分闸操作的智能控制与驱动,而且还有过流、失压保护分闸以及操动机构的自诊断等功能,从而使控制系统小型化、智能化。因此,操动机构整体上可靠性进一步得到提高,可实现真正的免维护运行,并能提高开关装置的智能化水平。

2 控制与驱动装置的组成

永磁操动机构的智能控制与电子驱动装置包括

收稿日期:2002-09-12; 修回日期:2002-12-08

了下面几个部分:直流电源单元,信号输入输出处理单元,智能控制单元,合/分闸线圈激励与控制单元。

用于断路器合分闸操作的电源一般为直流电源,在发电厂、变电站中大部分是蓄电池供给的。为了能应用于各种不同的电源和不同的场合下,采用储能电容器给永磁机构合分闸线圈供电。电容器由开关电源充电,充电电路原理见图1。在该开关稳压电源中,DC/DC变换方式为单管正激,输入输出为变压器隔离,控制方式为脉宽调制(PWM)。储能电容器C上电压设计为+80V,并通过反馈控制保持其稳定,为断路器的操作提供一稳定的直流电压。同时输出+12V和+5V给后面的智能控制单元提供工作电源。

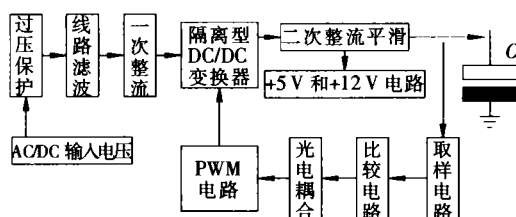


图1 储能电容器充电电源原理

信号输入单元用于对所有的输入信号进行整形、处理,使之满足智能控制单元对输入变量的电压要求。信号输入单元接收的断路器操作命令有远方合/分闸命令、就地合/分闸命令、失压分闸信号、过流分闸信号;接受的传感器信号有断路器的合/分状态信号、小车开关的机械位置信号;监测的信号有断路器的操作电压和开关电源的输入电压以及复位信号等。

信号输出单元用于指示断路器的运行状态。输出的信号有断路器是否具备操作条件、断路器的合/分闸状态、断路器动作执行情况(正常合分闸、过流分闸、失压分闸)、操作电压是否能满足合分闸的要求、开关电源的输入电压是否正常,以及断路器操动机构故障报警信号等。

信号的输入输出单元留有备用通道。

智能控制单元的作用是接收来自输入单元的各种信号,并对这些信号进行识别、处理、综合和判断,然后控制断路器是否进行合分闸操作,同时,送给输出单元各种信号供运行人员了解断路器的工作状态。

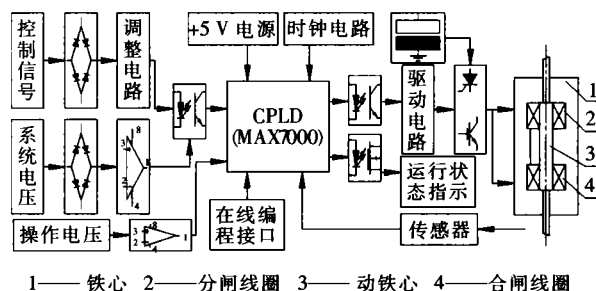
智能控制单元要实现的主要功能为:分析判断断路器是否具备正常合/分闸的条件,如电源是否满足要求、机械位置是否正确等;分析判断断路器的运行状态,给出相应的指示;根据合/分闸命令和断路器的操作,控制电子开关通断合/分闸线圈的激励电流;在不具备操作条件和机构故障等情况下,报警和禁止操作断路器。

合/分闸线圈激励与控制单元的作用是接收来

自智能控制单元的合/分闸操作命令,由该合/分闸控制单元接通相应的电子开关,使操作电源给合/分闸线圈激励电流,完成断路器的合/分闸操作;当断路器完成合/分闸任务时,再由合/分闸控制单元关断电子开关,切断合/分闸线圈的激励电流。

3 控制与驱动装置的设计

由上述4部分组成的控制与驱动装置如图2所示,该装置全部由电子元器件组成,没有机电式继电器、机械式辅助开关等器件。



1——铁心 2——分闸线圈 3——动铁心 4——合闸线圈

图2 控制与驱动装置原理图

在输入单元中,对于远方合/分闸命令、失压分闸、过流分闸等控制命令信号,采用的电路是先整流、滤波,然后再将其值调整到适合于光电耦合输入的要求。这样,控制命令信号无论是直流还是交流都能满足要求。

就地合/分闸控制命令信号取自该装置的直流电源,经调整幅值大小后,直接送到智能控制单元。在现场调试阶段,可方便地进行合分操作,无需再引入其它的控制信号。

合/分闸位置传感器使用电感式接近开关,其工作电源取自该装置的直流电源。当该接近开关检测到断路器的合/分闸位置时,给智能控制单元1个一定幅值的电压信号,否则电压信号为零。

系统电压取自开关电源的输入电压,监测该电压是否满足电子操作系统工作的要求。系统电压经整流、滤波后,与电压比较器设定的比较值进行比较后,将信号送至光电耦合。这里电压比较器采用了LM393。

操作电压的监测是为了判断该电压是否能满足合/分闸操作的要求,当其低于一定的值后,就禁止操作断路器,从而保证了断路器在正常的电压范围内操作。该电压信号直接送到电压比较器MAX931,经比较后,将信号送至智能控制单元。

光电耦合的作用是为了将智能控制单元与外部的电压信号隔离,避免外部电压信号的异常对智能控制单元造成损坏。

在输出单元中,各输出信号经过光电 MOS 继电器与输出单元的显示部分相连。通过控制光电 MOS 继电器的通断,来显示断路器的运行状况。采用光电 MOS 继电器,即使智能控制单元与外部的显示电路隔离,也可方便地满足外部显示电路的要求。

智能控制单元采用了 CPLD(可编程逻辑器件)来实现其逻辑控制功能。CPLD 是一种可在线编程实现所需要的时序、组合等逻辑控制功能的数字集成电路,采用 CPLD 能够缩小所设计系统的规模,简化系统部件,提高系统的可靠性^[4]。并且可根据具体的设计需要进行配置和修改所需要实现的功能。笔者采用的是 MAX7000 系列的 CPLD,在 MAX+PLUSII 开发环境下,用硬件描述语言编程,实现了对断路器合分闸操作的控制、监测、报警的功能。

合/分闸线圈激励与控制单元中,控制合分闸线圈激励电流通断的电子开关由可控硅(SCR)和绝缘栅双极性晶体管(IGBT)等元器件组成的电路来实现,其驱动电路由 MOS 管电路组成。来自智能控制单元的合/分闸命令信号,通过光电耦合,使驱动电路控制电子开关导通,合分闸线圈通电,操动机构动作;当合分闸到位后,传感器检测到到位信号,关断电子开关,从而切断合分闸线圈的电流。如果在一定的时间内,传感器不能检测出合分闸到位信号,智能控制单元将给出信号,关断电子开关。电子开关中各元件的选择,需要根据永磁机构合分闸线圈电流的大小、通电时间、以及切断电流过程中出现的过电压来确定,并留有裕度和有相应的吸收和保护电路。

在该装置的研制中还考虑了抗电磁干扰措施。如在电源和地之间设计有滤波器;模拟电路和数字电路分别接地;在电路板的设计中,按模块的功能合理地布线、布局;采用金属外壳;以及输入输出单元与 CPLD 之间的光电耦合器等。

4 控制与驱动装置的试验

在整个装置硬件电路调试完成后,对智能控制单元的逻辑控制功能的检验也是重要的内容之一。首先,对控制单元的逻辑功能进行计算机仿真,即设定逻辑的高低电平后,给定各种不同的输入信号,检查逻辑控制功能是否正确。在所设计的逻辑控制功能正确无误后,将程序下载到 CPLD 芯片中,进行配置,完成对断路器控制的预定功能。然后,通电对控制装置进行试验,检查整个控制装置的工作情况。最后在断路器的操动机构上进行试验,测量有关参数(如合分闸线圈的电流、电压,合分闸线圈的通电时间等)。对于一些不理想的测量结果,还需要对操动

机构和控制装置进行调整,使各个参数能配合的更加合理。

该装置在配有双稳态永磁操动机构的 10 kV 真空断路器上进行了合分闸操作试验,图 3 给出分闸过程中分闸线圈通电时间不同时,分闸线圈的电压(波形 1)和电流(波形 2)波形。

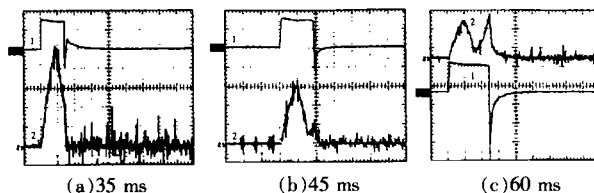


图 3 分闸线圈的电压和电流波形

图 3(a)中,分闸线圈通电时间为 35 ms,电子开关关断的电流为 16 A,此时操动机构的分闸过程没有结束,机构仍然处于运动中;图 3(b)中,分闸线圈通电时间为 45 ms,电子开关关断的电流为 14 A,此时操动机构的分闸过程已经结束,机构已停止运动;图 3(c)中,分闸线圈通电时间为 60 ms,电子开关关断的电流为 48 A,此时操动机构也已停止运动。

可以看出,较理想的关断电子开关的时刻是操动机构停止运动后的 10 ms 内,既保证了断路器的正常分闸到位,又不使线圈产生较高的过电压。当电子开关关断较晚时,控制装置电子驱动部分将承受线圈上产生的较高的过电压,且储能电容器上电压下降较多,可能影响断路器的进一步操作;当电子开关关断较早,有可能会影响断路器的机械特性。这两种情况应尽量避免,以实现电子开关通断的最佳控制。

在合闸过程中,线圈的电压和电流与分闸过程的相似。

5 结论

研制了储能电容器作为操作电源的双稳态永磁操动机构的智能控制与电子驱动装置,不仅实现了断路器合分闸操作,而且还有过流、失压保护分闸、合分闸闭锁以及操动机构的自诊断、报警等功能。

该装置有直流电源单元、信号输入输出处理单元、智能控制单元、合/分闸线圈激励与控制单元,实现了无触点、小型化、智能化和免维护。

在该装置中,用开关稳压电源对储能电容充电,用 CLPD 实现智能逻辑控制,用以 SCR 和 IGBT 为主组成的电子开关通断合分闸线圈的电流,输入输出处理单元与 CPLD 之间采用了光电耦合。

(下转第 33 页)

数据输入故障性质诊断模块,输出故障性质为高温过热故障。③ C_2H_2 含量占氢烃总量:7/15 354=0.05%<2%, $c_1=0$; $C_2H_4/C_2H_6=5 506/1 779=3.09<6$, $c_2=0$; CO产气速率大于注意值, $c_3=1$; CO_2 产气速率大于注意值, $c_4=1$;绝缘试验合格, $c_5=0$;三相不平衡系数合格, $c_6=0$;单相空载试验无显著变化, $c_9=0$;故障性质为过热性故障, $c_{10}=0$, $c_{11}=1$ 。

把这些数据输入故障部位诊断模块,输出结论为铁心故障。实际吊罩检查发现,铁心上轭铁两点接地,过热烧伤面积 28×11 ,证实了诊断的准确性。

5 结论

由于综合考虑了油中气体分析结果与电气试验结果以及其它有效信息,因此故障诊断更加准确。并充分利用粗糙集理论约简原始决策表,去除其中的冗余信息,对ANN训练样本进行了有效的简化,大大降低了神经网络构成系统的复杂性,也减少了网络的

训练时间。既完成了对故障性质的诊断,又完成了对故障部位的诊断。试验证明了该方法的有效性。

参考文献:

- [1] 曾黄麟. 粗糙集理论及其应用[M]. 重庆:重庆大学出版社,1998.
- [2] 操敦奎. 变压器油中气体分析与诊断[R]. 中国水利电力企业管理协会,1987.
- [3] 钱政,严璋. 结合多元统计分析的神经网络在变压器故障诊断中的应用[J]. 变压器,2000(4):338-342.
- [4] 束洪春,孙向飞,司大军. 电力变压器故障诊断专家系统知识库建立和维护的粗糙集方法[J]. 中国电机工程学报,2002(2):31-35.
- [5] 谢克明,杨静. 粗糙集理论及其在智能控制领域的应用前景[J]. 太原理工大学学报,1999(7):338-342.
- [6] J Jelonek, et al. Rough Set Reduction of Attributes and Their Domains for Neural Networks[J]. Computational Intelligence, 1995, 11(2): 339-347.

作者简介:俞晓冬(1974-),女,硕士研究生,主要研究方向为电力系统的运行与控制。

(上接第26页)中, d_1, d_2, d_3, d_4 分别为第1,2,3,4层分解的高频分量,而 a_4 为第4层分解的低频分量。所使用的阈值是利用式(3)选择的。由图3可见,利用所选阈值提取的局放波形能真实地反映放电性质。

5 结论

利用开环去噪算法中的小波去噪法可有效地实现局放脉冲与噪声分离。它是以前先知道局放信号和噪声信号的特点为前提的。小波去噪的有效性取决于小波的类型、阈值以及分解层数。实践证明,利用最佳小波选择法、自动阈值选择法选定的小波和阈值来处理局放信号时,能取得很好的去噪效果。

参考文献:

- [1] I Shim, et al. Detection of PD Utilizing Digital Signal Processing Methods, Part 3: Open-loop Noise Reduction [J]. IEEE Electrical Insulation Magazine, 2001, 17(1): 6-12.
- [2] 胡昌华. 基于MATLAB的系统分析与设计——小波分析[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1999.
- [3] Ma X., et al. Automated Wavelet Selection and Thresholding for PD Detection [J]. IEEE Electrical Insulation Magazine, 2002, 18(2): 37-45.

作者简介:朱周侠(1977-),女,硕士研究生,主要从事局部放电检测方面的研究。

(上接第29页)

通过计算机仿真和试验,验证了智能控制的正确性,并成功地在断路器上进行了操作试验。通过对合分闸线圈中电流波形的分析,给出了电子开关控制切断合分闸线圈电流的较合理的时间范围为操动机构停止运动后的10ms内。

参考文献:

- [1] A J W Lammers, P P Leufkens, G C Shoonenbery. MV Vacuum Switchgear Based on Magnetic Actuators [A]. IEE Conference

- Publication[C], No. 459, 1998.
- [2] 游一民,郑军,罗文科. 永磁机构及其发展动态[J]. 高压电器, 2001, 37(1): 44-47.
- [3] B A R McKeane, Dr. C Reuber. Magnets & Vacuum: The Perfect Match[A]. IEE Conference Publication[C], No. 459, 1998.
- [4] 宋万杰,罗丰,吴顺君. CPLD技术及其应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1999.

作者简介:张俊民(1962-),男,博士,高工,从事高压电器等电力设备的数值分析、控制、故障检测与诊断等研究工作。

欢迎投稿! 欢迎订阅! 欢迎评刊! 欢迎刊登广告!