

PCM-3718HG 采样板在调容式消弧线圈 自动跟踪补偿装置中的应用

邵剑, 徐玉琴, 丁波

(华北电力大学电气工程系, 河北 保定 071003)

摘要: PCM3718HG采样板具有模拟信号采集和数字信号控制功能,能够方便地实现采样计算和对外部设备的控制,是调容式消弧线圈自动跟踪补偿装置的重要纽带。介绍了装置的结构与功能,以及电容电流的跟踪测量方法。并结合自动装置,重点阐述了 PCM3718HG采样板在其中的实际应用。通过实际运行证明,装置很好地实现了精确跟踪和快速补偿功能。

关键词: 消弧线圈; 采样; 增益调整; 自动跟踪

中图分类号: TM761

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2004)14-0041-04

0 引言

随着我国 6~35 kV 配电网迅速发展,基于各种调谐方式的消弧线圈自动跟踪补偿装置以其能自动跟踪系统电容电流的变化、限制和消除弧光接地过电压及谐振过电压、调节方便、无须停电、精度和动作成功率高等优点,在配电网中得到广泛应用。随着电力电子器件的快速发展,用晶闸管代替机械开关,实现了消弧线圈快速调谐。调容式消弧线圈就是其中之一。

与其他许多自动装置一样,模拟信号采样和通过数字信号控制外部设备,是调容式消弧线圈自动跟踪补偿装置中非常关键的两个部分,它们将直接影响到整个装置的调谐精度和响应速度。因此,保证采样的精确性和控制的快速灵活,是实现装置精确跟踪、快速补偿的重要前提。PCM-3718HG 采样板将两者集成在一块电路板上,在装置的外设与 CPU 之间起到了很好的纽带作用,使装置自动跟踪补偿功能得以更加方便可靠的实现。本文结合调容式消弧线圈自动跟踪补偿装置介绍 PCM-3718HG 采样板在模拟信号采样以及通过数字信号输入输出控制监测硬件设备等方面的应用。

1 调容式消弧线圈自动跟踪补偿装置简介

1.1 装置结构与功能

调容式消弧线圈自动跟踪补偿装置由接地变压器、带二次绕组的消弧线圈和多组不同容量的并联电容器组及全数字化控制器组成,由接地变压器引出配电网中性点。调容式消弧线圈原理接线,如图 1 所示,消弧线圈二次绕组 (L_2) 和多组不同容量的

电容器组 (C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4) 并联,由晶闸管和接触器 (T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4) 控制电容器组投切,实现消弧线圈等值电抗的变化。若需要增大消弧线圈等值电感的调节范围或减小档位级差,只要增加相应容量的电容器组即可,扩展方便。控制器由机箱、嵌入式单板电脑 (PCM-4825)、模拟信号采集板 (PCM-3718HG)、模拟信号调理板、数字信号板、触发板和控制电源组成,PCM-3718HG 采样板通过 PC/104 总线与主机连接。

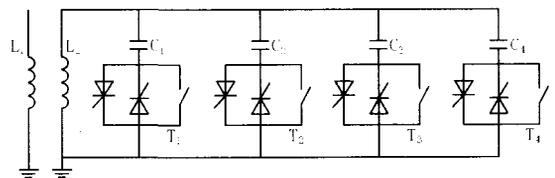


图 1 调容式消弧线圈原理接线图

Fig. 1 Wiring diagram of arc suppression coil with TSC

自动装置根据计算和控制的需要,将三相电压 (U_a 、 U_b 、 U_c)、线电压 (U_{ab})、中性点位移电压 (U_0) 和中性点电流 (I_0) 六个模拟信号,通过信号调理板送至 PCM-3718HG 采样板,经 A/D 转换得到数字信号送入主机。装置根据这些数字信号自动跟踪判断电网运行方式的变化,计算电网电容电流,确定单相接地故障时消弧线圈的补偿档位。

电网正常运行时,消弧线圈运行在远离谐振点的最大过补偿状态,自动装置实时监测电网电容电流的变化。当电网发生单相接地时,启动故障中断服务程序,通过数字信号板送出预先确定的消弧线圈补偿档位所对应的触发字,导通相应的晶闸管,使消弧线圈自动补偿接地电容电流。程序实时跟踪电网状态,直到判断故障消除后,收回触发字,使消弧线圈恢复最大过补状态运行,退出故障中断服务程

序。装置继续自动跟踪电容电流的变化。自动装置的工作框图如图 2 所示。从图中可以看出,PCM-3718HG 采样板在 CPU 和外部电路设备之间起着重要的桥梁纽带作用。

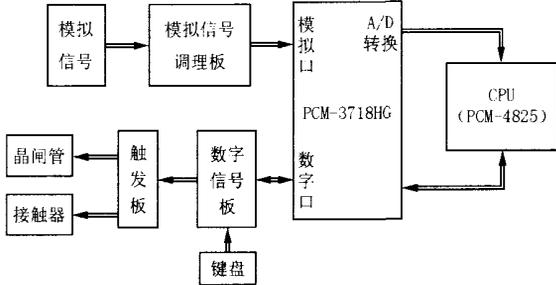


图 2 自动装置工作框图

Fig. 2 Block diagram of automatic device operation

1.2 电容电流跟踪测量

由于发生单相接地故障后,弧光过电压上升很快,所以要求装置在正常运行时就计算出电网电容电流,确定消弧线圈的补偿档位。电网正常运行时的串联谐振等值回路,如图 3 所示。

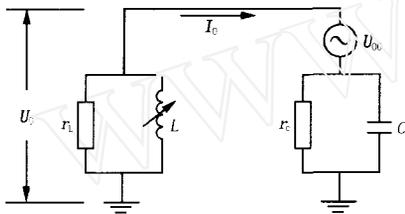


图 3 正常运行的串联谐振等值回路

Fig. 3 Series resonance equivalent circuit of regular service

图 3 中 C 为三相对地总电容、 r_c 为三相对地泄漏电阻、 U_{00} 为不平衡电压。由此等值电路,可以得到:

$$U_0 = \frac{U_{00}}{\nu - jd} \tag{1}$$

用有效值表示,式(1)可以写成:

$$U_0^2 = \frac{U_{00}^2}{\nu^2 + d^2} \tag{2}$$

其中:脱谐度 $\nu = \frac{C - 1/\omega L}{C}$; 阻尼率 $d = 1/(\omega L + r_c) \cdot C$; U_0 为中性点位移电压。

当系统运行方式确定后,不平衡电压和阻尼率就确定了,此时中性点位移电压随消弧线圈电感值的改变而改变。利用这一原理,当判断电网运行方式改变后,装置自动改变两次消弧线圈电感值,采样得到三组中性点位移电压和电流 (U_{01} 、 I_{01} 、 U_{02} 、 I_{02} 、 U_{03} 、 I_{03}), 相应的消弧线圈感抗值为:

$$\begin{cases} L_1 = U_{01} / I_{01} \\ L_2 = U_{02} / I_{02} \\ L_3 = U_{03} / I_{03} \end{cases} \tag{3}$$

把三组中性点位移电压和其相应的消弧线圈感抗值,代入式(1),联立方程组即可求得三相对地总电容。则电网电容电流为:

$$I_c = U_\phi C \tag{4}$$

式中: U_ϕ 为相电压。此方法可以消除电网阻尼率对电容电流计算的影响,提高计算精度。根据得到的电容电流,确定当前电网发生单相接地故障时,消弧线圈的工作档位。

2 PCM-3718HG 采样板的应用

2.1 模拟信号采集

根据电容电流测量计算和控制的需要,把上述六路模拟信号经模拟信号调理板滤波后,以差模方式接入 PCM-3718HG 采样板。PCM-3718HG 提供了 12 位的 A/D 转换器,内部可编程定时器 (Intel 8254) 可按用户需要的采样频率发出采样脉冲。其每个采样脉冲只触发一个通道,该通道的采样保持电路将该信号捕捉保持,由 A/D 转换器进行模数转换,转换完毕后采用 DMA 方式将数据传送给主机,再触发下一个通道。例如,选择 0~5 通道用于模拟量输入,那么各通道的触发过程是 0、1、2、3、4、5、0、1、2、3 ...。

由于采样保持电路是要在一个极短的时间内捕获模拟量在该时刻的瞬时值,并在 A/D 转换器进行转换的时间内保持其输出不变。一般用电容来实现模拟信号的捕获和保持。这样就存在一对矛盾:就捕获时间来说,希望电容越小越好,缩短电容的充电时间就能缩短捕获时间;而对于保持而言,希望电容越大越好,延长电容放电时间就能延长保持时间。为了二者兼顾,电容不能太大也不能太小。

若多通道同时触发,最后一个通道的采样保持电路需要将信号保持到所有通道全部转换完为止。如果通道比较多,就需要较长的保持时间。这就增加了电容的充放电时间,使上述矛盾更加激化,必然会使模拟信号输入误差增大。若要保证采样精度,则价格就比较高。PCM-3718HG 采样板的单通道触发方式与多通道同时触发方式相比,相对缓解了上述矛盾,使模拟信号输入误差相对减小。但带来的问题是,无法保证采样的同步,那么计算出的相位会出现偏差,每周波采样点数越少,通道越多,则偏差

越大。由于装置所采用的上述电容电流计算方法,只要计算各模拟信号的有效值,不需要计算相位,因此在此装置中采用 PCM-3718HG 采样板非常合适,不仅价格较低,而且能保证采样精度。

当然如果需要计算模拟信号的相位,可以通过相位补偿来提高精度。由于每个触发脉冲的间隔时间 t 相等,则每个通道模拟信号的采样时刻均比其前一个通道滞后一个固定的时间 t ,转换成弧度为 $2\pi t/20$ rad。因此只要在相位计算时依次补偿就可以了。

在电网运行过程中, U_0 和 I_0 会随电网运行方式、不对称度等的变化而变化。因此,必须实时调整相应采样通道的增益才能保证采样精度,以及对电容电流的计算精度。此外,增益调整后,必须重新采样才能得到准确的数据。因此,增益调整的速度将直接影响到装置的响应速度。

调整增益分为两部分:一是模拟信号过大而发生溢出时,降低增益,保证信号不溢出;二是模拟信号太小时,提高增益,保证小信号的采样精度。

一次系统的信号经过两级互感器后变为 $-5 \sim +5$ V 的低压信号供采样。当某点采样信号过大而产生溢出时,经 A/D 转换后的该点数据是 $+5$ V 或 -5 V。采用半波判断,正弦信号正常情况下每半个周波只可能有一个点(峰值点)达到 $+5$ V 或 -5 V。因此从理论上来说,只要出现两个及以下的点达到 $+5$ V 或 -5 V,就可以判定为信号溢出。综合考虑谐波等干扰的影响,在误差允许的范围内,设定大于或等于 3 个点达到 $+5$ V 或 -5 V 时为溢出。这样,在波动和故障发生后半个周波,增益就能调整。当模拟信号过小时,只要求出一个周波中所有采样点绝对值的最大值,就可以对照增益表选出合适的增益。

根据电网运行情况, U_0 在故障时至少达到额定相电压的 30% 以上,在 PCM-3718HG 采样板的增益表中只能选择 $\times 1$ 档,因此根据故障响应优先原则,一旦判断为溢出,就直接把增益调到 $\times 1$ 档,若是故障就无须再调,若非故障则可根据其采样点绝对值的最大值确定合适的增益。这样就可以保证故障响应速度,大约 10 ms 左右。经程序实际运行证明,增益调整的实时性和采样精度都很好。

2.2 数字信号的输入输出

除了模拟信号的采样之外,PCM-3718HG 采样板还提供了 16 个数字信号的输入/输出通道,可以通过这些数字通道,扩展出数字信号板,实现控制晶闸管的导通与截止,从键盘读入键值判断有无键盘

操作等功能,并可以方便地附加接触器的闭合与开断控制,框图如图 2 所示。为了实现前面提到的调容式消弧线圈的可扩展性,在需要的时候能方便地增加电容器组,可以在数字信号板上预留空端口。

由于晶闸管过零触发,不会在电容器上产生涌流,而且响应速度快,导通与截止在半个周波内完成。因此,在一般情况下,装置向 PCM-3718HG 采样板相应的数字口送触发字,通过出口继电器控制晶闸管的导通与截止,投切电容器组,改变消弧线圈等值电抗,进行电容电流跟踪和故障补偿。当中性点位移电压较小,使晶闸管两端电压接近或小于其工作电压时,晶闸管将不能可靠导通,甚至无法导通。这会使电容电流的跟踪测量出现很大偏差,甚至无法进行。此时,可用与晶闸管并联的接触器代替晶闸管来投切电容器。由于数字信号板是由 PCM-3718HG 采样板的数字口扩展出来的,所以可以用同一套触发字,只要通过片选信号选择晶闸管或接触器即可,控制非常方便。

采用晶闸管和接触器并联方式,不仅可以保证电容器组的可靠投切,而且可以实现装置自检功能。装置投运前,每组电容器投入时消弧线圈的等值电抗都已经通过试验得到。在自检过程中,若某一电容器组投入后的消弧线圈等值电抗与相应的试验数据不符,则说明此电容器组可能存在故障。然后改用接触器投入该电容器组,若此时的消弧线圈等值电抗与相应的试验数据相符,说明该组晶闸管故障;若依然不符,则判断为电容器故障。把自检结果在界面上显示,便于维护人员检修。

3 装置对电容电流的实测数据

本装置从硬件和软件两方面保证了采样和计算的精度。PCM-3718HG 采样板在模拟信号采样中的单通道触发方式和增益调整,从硬件上保证了采样精度;在计算中通过采用高精度傅氏算法、多次采样取均值以及采用合适的电容电流测量计算方法,从软件上保证了计算精度。

表 1 电容电流实测数据

实际值/A	实测数据/A							
	一	二	三	四	五	六	七	八
15.02	15.14	14.87	15.21	15.35	14.94	15.08	14.75	14.71
10.90	10.71	10.96	10.87	11.06	10.93	10.78	10.96	10.74
8.76	8.94	8.63	8.85	8.61	8.69	8.90	8.75	8.59

装置对电容电流的实测数据见表 1,用电流表测得的电容电流值作为实际值。由表 1 可以看到,

装置对电容电流计算的相对误差为 2 % 左右,满足精度要求。

4 结论

PCM-3718HG 采样板的单通道触发模式缓解了采样保持电路中电容选择的矛盾,结合软件处理,提高了采样和计算精度,从而保证了消弧线圈能够提供更加合理的补偿。其采样通道的增益调整保证装置的故障响应时间在 10 ms 左右,保证了装置对故障的快速响应。PCM-3718HG 采样板的数字信号输入输出功能,方便了装置控制和自检功能的实现,且使装置具有很好的扩展性。通过调容式消弧线圈自动跟踪补偿装置的实际应用,证明 PCM-3718HG 采样板功能齐全,与主机和外设连接方便,有效地简化了硬件电路设计,编程控制方便,采样精度高、速度快,性能稳定,大大提高了装置运行的可靠性,缩短了开发周期。

参考文献:

- [1] 要焕年,曹梅月(YAO Huan-nian, CAO Mei-yue). 电力系统谐振接地(Resonance Ground of Electric Power Systems) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power

Press),2000.

- [2] 徐玉琴,陈志业,等(XU Yu-qin, CHEN Zhi-ye, et al). 晶闸管投切电容式消弧线圈的设计与应用研究(Design and Application Research on Arc Suppression Coil with Thyristor Series Capacitors) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),2001,25(13):38-41.
- [3] 蔡旭,刘杰(CAI Xu, LIU Jie). 偏磁式消弧线圈的动态调谐装置(Dynamic Resonance Adjustment Device of Arc Suppression Coil with Magnetic Bias) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),2002,26(15):53-56.
- [4] 杨奇逊(YANG Qi-xun). 微型机继电保护基础(Basis of Relay Protection with Microcomputer) [M]. 北京:水利电力出版社(Beijing:Hydraulic and Electric Power Press),1994.

收稿日期:2003-11-07; 修回日期:2003-12-01

作者简介:

邵剑(1976-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护与控制;E-mail:shaojian76@tom.com

徐玉琴(1964-),女,硕士,副教授,从事电力系统继电保护与控制的的教学研究工作;

丁波(1977-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护与控制。

Application of PCM-3718HG sampling board in automatic tracking device of arc suppression coil with TSC

SHAO Jian, XU Yu-qin, DING Bo

(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Simulating signals sampling and digital signals control is an important function of PCM3718HG sampling board, which can realize sampling calculation and external equipment control expediently. It is the important link of arc suppression coil with TSC. The structure and function of the device, and the method of capacitive current tracking measurement are introduced. The application of PCM3718HG sampling board in the automatic device is expatiated, and its practical operation verifies that the device does better in precise tracking and fast compensation.

Key words: Petersen coil; sampling; plus adjust; automatic tracking

(上接第 35 页 continued from page 35)

A method of location optimization planning for MV distribution transformer

ZHANG Xue-rong¹, WANG Feng-ping², CHEN Zhi-mei²

(1. Datong Power Supply Bureau, Datong 037000, China; 2. Taiyuan Power Supply Bureau, Taiyuan 030012, China)

Abstract: A method of location optimization planning for MV distribution transformer(DT) is analyzed in practice, and a more reasonable solution is presented. Analysing several feasible ways of DTs installation in the planning block, and calculating each of the ways to get the data of the relevant network status, such as the medium voltage drops and the power losses, the objective function is set up using the network status data as the penalty factor with the cost of installations. Then, an optimal one among all feasible ways of the DTs installation is obtained, with the advantage of lower investment, voltage drops and power losses. The idea can be used not only in the optimization of DTs installation, but in the planning of distribution network. To divide the whole network into several blocks, and with the analysis of the feasible ways of connection in each block, the optimization of the whole network can be done. The way of optimization is used in a sample system, and the result is satisfactory.

Key words: distribution system planning; distribution transformer; integer planning; penalty factor