

光纤电子式电流互感器的优化设计

宋志国¹,王 菁²,李 晓²,姚翔宇²,刘 文²

(1. 河南开封供电公司,河南 开封 475003; 2. 光纤通信技术和网络国家重点实验室
烽火富华电气有限责任公司,湖北 武汉 430074)

摘要:新型光纤数字化电子式电流互感器(ECT)是在普通 ECT 的基础上改进其存在的一些不足,使之精度更高,功耗更低,功能更完善,适用于数字化变电站的要求。文章首先介绍了新型光纤数字化 ECT 的总体设计,然后分别介绍了组成新型数字化 ECT 的高压侧数据采集器和低压侧合并单元(MU),最后介绍了新型数字化 ECT 的供能方案。

关键词:电子式电流互感器;数据采集;合并单元;激光供能

中图分类号:TN29 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8788(2009)02-0067-04

Optimization design of fiber electronic current transformer

Song Zhiguo¹, Wang Jing², Li Xiao², Yao Xiangyu², Liu Wen²

(1. Henan Kaifeng Power Supply Company, Kaifeng 475003, China;
2. SKL of OCTN, FiberHome FuHua Electric Co., Ltd., Wuhan 430074, China)

Abstract: Improved on the basis of the ordinary Electronic Current Transformer (ECT) and characteristic of higher precision, lower power consumption and better functions, the novel ECT satisfies the requirements of digital substations. This paper successively introduces its general design, its constituent data collector at the higher voltage side and the Merging Unit(MU)at the lower voltage side and its power supply scheme.

Key words: ECT;data collector;MU;laser power supply

互感器是电力系统中最重要测量设备之一,在电流、电压测量和继电保护中起着不可替代的作用。随着电力系统传输容量的不断增大及电压等级的不断提高,传统的电磁式电流互感器在绝缘、饱和和铁磁谐振等方面的问题日益突出,已经不能很好地满足电力系统发展的需要。为此,新型的数字化电子式电流互感器(ECT)应运而生。ECT 具有绝缘结构简单可靠、体积小、质量小、线性度好、无饱和现象、输出信号可直接与微机化计量及保护设备接口等显著优点。本文将探讨基于 Rogowski 线圈、低功耗电流互感器(LPCT)的新型数字化 ECT 的一种实现方案,这种新型数字化 ECT 具有精度高、稳定性好等特点,有助于加快 ECT 的实用化进程。

1 总体设计

本文所述新型光纤数字化 ECT 是基于线圈电磁感应原理的。利用 LPCT、Rogowski 线圈分别感应电流测量和保护信号;信号经高压侧数据采集器调整,以数字形式通过光纤传至低压侧合并单元(MU);数据经 MU 处理后按 IEC61850-9-1 标准规定的以太网帧格式传送给二次计量、保护等设备;系统供能采用以激光供能为主、母线取能为辅的双备

份方式,两种供能可无缝切换,保证供能的稳定。

2 数据采集器

2.1 设计原理

让信号经过数据采集器是 ECT 信号处理的第 1 步。Rogowski 线圈和 LPCT 输出的信号直接送入采集单元,经过一系列处理后,发送给控制单元。采集器由积分单元、模/数转换单元(ADC)、单片机控制单元以及电/光转换单元组成。由于 Rogowski 线圈的微分特性,需要通过积分器对 Rogowski 线圈输出的信号进行 90°的相位调整,如果不能一次精确积分,还需要对相位进行微调。由于对从母线采集到的信号需要分别做测量和保护两路处理,因此当信号的相位调整完毕后,分别对两路信号进行 A/D 转换,将模拟信号变为数字信号。最后,将转换完成的数字信号分别通过两个发光二极管(LED)转换成光信号,再通过两根光纤输出到低压侧控制单元。

2.2 光纤传输

本设计中首先将电信号转换为光信号,利用光纤作为数字信号的载体,实现 ADC 与数字信号处理器(DSP)之间的通信。在光电互感器中,采用光

纤传输具有两个重要的目的:(1) 实现高、低电压侧的电子电路之间的电绝缘;(2) 实现高压侧电流采样数据向低压侧的高速传送。

光纤通信接口具有极强的抗干扰能力,在超长距离工业测控系统中有着广阔的应用前景。光纤传输系统主要由光发送器、光缆和光接收器组成。如图 1 所示。

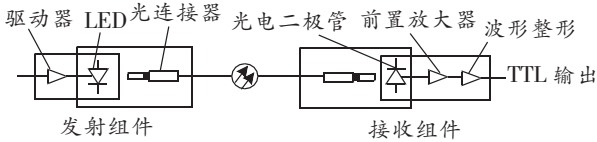


图 1 光纤传输系统组成

2.3 组帧方式

对 ECT 的数据采集器而言,由于供电电源所能提供的能量有限,因此采集器信号处理电路的功耗越小越好,电路能量的节约已成为一个亟待解决的问题。

本文提出一种基于时分复用(TDM)原理的组帧方案,将采集到的测量信号和保护信号以 TDM 的方式组合成一路信号,然后用一个 LED 进行电/光转换,再通过一根光纤输出到低压侧控制单元。这不仅可以有效地降低采集器的功耗,同时还可降低采集器的成本。

基于 TDM 原理的组帧方案是通过单片机控制单元来实现对 ADC 输出信道的分时控制,即将一个传输通道按时间分割成若干段以传送若干信息。将两个 ADC 的输出通道接到一个公共的通道上,按照一定的次序轮流给各个 ADC 分配一段使用公共通道的时间。当轮到某个 ADC 时,这个 ADC 与公共通道接通,执行输出操作。此时,另一个 ADC 与公共通道的联系被切断。待一定的时间间隔一到,则把公共通道连接到之前的 ADC 输出上去。

如图 2 所示,通过对 ADC 输出信道的时分复用,可将原本的两路输出组帧成一路输出,通过一根光纤就能够将测量信号和保护信号送到低压侧控制单元。这种组帧方案不仅能有效降低采集器的功耗,且易于实现、可靠性高,同时也降低了采集器的成本,进一步优化了 ECT 采集器的设计。

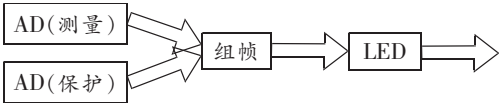


图 2 采集器组帧方式

3 合并单元

不同厂家设备之间互操作性差、可扩展性低等

问题,以及互感器与保护、测控等二次设备的接口问题越来越引起人们的关注。为了解决这一问题,国际电工委员会先后颁布了 IEC 60044-8 和 IEC 61850 等协议标准,提出了 MU 的概念,定义了 MU 与二次计量、保护设备之间的通信规程,为 ECT 提供了标准的数字接口,为提高不同厂商设备间的互操作性给出了指导性的规定。本文所述数据处理模块即 MU,参照 IEC 61850 协议标准,设计并实现了系统同步、多路数据接收和处理、以太网通信等功能,能够满足 ECT 数字接口高速、可靠的要求。

遵循 IEC 61850 协议的 MU 有 4 个功能模块:同步模块、数据处理和控制模块、以太网通信模块和人机交互模块。总体结构如图 3 所示。

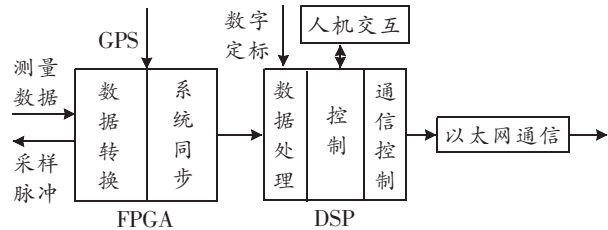


图 3 MU 结构框图

同步模块根据采样率的要求产生同步采样信号,经光纤发送给高压侧以此来同步各路数据采集;同时,接收外部的全球定位系统(GPS)信号来保证变电站各 MU 之间的同步。数据处理和控制模块接收从一次设备侧传来的数字信号,串/并转换后经计算、数字定标等处理换算成 IEC 标准中规定的额定输出值;同时,接收系统各功能模块的状态信息,做出实时判决。以太网通信模块将各路有效信号及相关状态信息按照 IEC61850 协议规定的格式组帧后通过以太网发送给二次设备。接口部分实现多路同时输出,满足实用化的需要。液晶显示及人机交互模块负责测量数据及系统状态的实时显示,同时,通过对键盘的操作完成测量数据的实时定标。

4 供 能

4.1 供能方案的选择

本设计采用了激光供能和小 CT(电流互感器)供能相结合的方式。激光供能是将激光器的光能经光纤传送给高压侧的光/电转换器件,转换成的电能经线性稳压模块变换后给高压侧电路供电。这种供能方式的优点是电源能量供给稳定,不受高压母线上电流大小和电压高低的影响。光能转换器(PPC)的光/电转换效率较低,只有 40%左右,激光供能提供的能量是有限的,但鉴于高压侧电路的微功耗设

计,激光供能的功率是完全足够的。CT 取能也是一种较为理想的供能方式,这种方式功率较大,电源纹波小,就地取能稳定可靠。

4.2 激光供能的设计

光供能部分的设计如图 4 所示,PPM 激光器经驱动电路后发光,经过 1×2 耦合器,其中 1%的光能通过光电二极管(PIN)接收,通过监控激光器的功率为激光器驱动电路提供反馈;99%的光能通过供能光纤传送给高压侧 PPC,光电池将接收到的光能转换为电能,转换效率达 35%~40%。

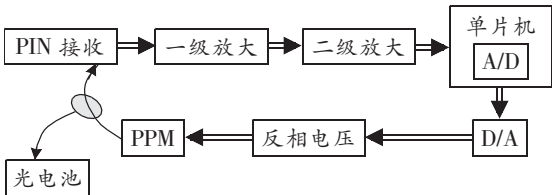


图 4 光供能模块结构框图

这部分设计引入了反馈回路。激光器长时间工作后,输出功率可能会随之降低。一旦出现这类情况,此模块可自动调节,增大激光器的输出以保证高压侧供电稳定。系统能根据供能的变化实时调整光源的输出功率,这不仅节约了电能,降低了高压供能侧的发热量,也提高了激光二极管和光电池的寿命。

4.3 CT 取能的设计

CT 取能方式的原理如图 5 所示。利用取能线圈从高压母线感应出的电压经防雷保护电路后,又经整流、滤波、稳压、滤波输出,通过稳压前的取样电路对补偿控制线圈进行控制,从而改变感应电压的大小,确保在母线电流变化比较大,尤其是出现大电流的情况下,能够有稳定可靠的电源输出。

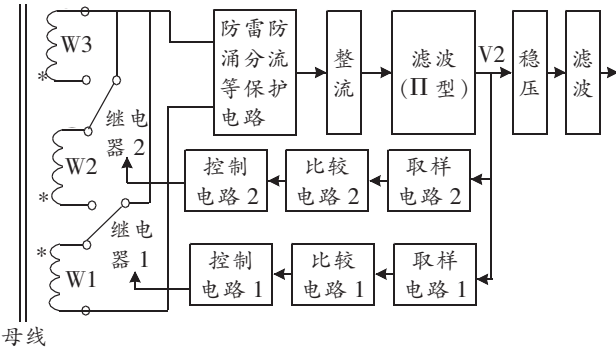


图 5 CT 供能电路原理框图

5 试验结果及分析

样机已在国家高电压计量站完成了全套试验,包括准确度试验初试、复试、绝缘试验、综合误差试验、温度循环试验、电磁兼容试验等。试验表明,样

机在全温范围内已达到 0.2 级的精度指标,线性度好、受温度影响小,且稳定可靠。

下面给出其中部分试验的结果。表 1 为温度循环试验的结果。由于常温(3℃左右)定标的偏差,定标后测量通道的比差、相差分别为 -0.063% 和 1.27',由表 1 可知,全温范围内该通道的比差、相差只有 0.069% 和 2.08' 的变动;保护通道比差、相差的变化分别为 0.1% 和 7.62',完全符合标准要求。

表 1 温度循环试验结果

温度/℃	二次端口输出	比值误差(%)	相位误差/'
+3	测量	-0.063	+1.27
	保护	-0.162	+1.78
+40	测量	-0.069	+1.39
	保护	-0.124	+1.29
+3	测量	-0.068	+2.13
	保护	-0.165	+2.29
-40	测量	-0.132	+3.35
	保护	-0.225	+8.91
+3	测量	-0.100	+1.18
	保护	-0.203	+2.11

表 2 是样机准确度试验的结果。试验表明,样机初试、复试结果变化很小,尤其是在额定电流下;线性度也较好。复合误差试验中,样机在施加 20 倍额定电流时误差仅 -1.1%,远小于 5% 的指标,完全满足 ECT 相关标准的要求。

表 2 准确度试验结果

	误差	额定电流百分数				保护
		5	20	100	120	
初试	比差(%)	-0.26	-0.19	-0.06	-0.08	-0.16
	相差/'	-5.45	-1.01	+1.27	+1.53	+1.78
复试	比差(%)	-0.22	-0.17	-0.06	-0.08	-0.09
	相差/'	-7.35	-3.35	-0.89	-0.44	-0.97

6 结束语

本文介绍了一种新型的光纤数字化 ECT 的实现方案,重点从降低高压侧功耗和高压侧供能方式两个方面讨论了提高电子式互感器系统可靠性的方法。同时,介绍了多功能的 MU。该 MU 除基本的信号处理功能外,还具备系统监控、人机交互、与传统设备兼容等功能。样机试验表明,该方案在保证精度与可靠性的同时,克服了传统互感器的不足,完

全满足最新标准 IEC61850 的要求,可以更好地与二次设备对接,有利于数字化变电站的推广应用。

参考文献:

[1] IEC 60044-8-2002,Instrument transformers-Part 8: Electronic current transformers [S].

[2] IEC61850-9-1-2003,Communication networks and systems in substations Part 9-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) Sampled value over serial unidirectional multi-drop point to point link [S].

[3] 梁晓兵,周捷,杨永标,等. 基于 IEC61850 的新型合并单元的研制 [J]. 电力系统自动化,2007,31(7):85-89.

[4] 李伟凯,张慧哲,郑绳植. 电子式互感器数字输出接口 [J]. 仪表技术与传感器,2005,(11):55-58.

[5] 肖霞,徐雁,向珂,等. 高精度宽温度范围的数字化电子式电流互感器 [J]. 电测与仪表,2006,5(43):36-39.

[6] 钱政. 有源电子式电流互感器中高压侧电路的供能方法 [J]. 高压电器,2004,40(2):135-138.

(上接第 37 页)

构与性能设计的同时(如路由与流量控制方面的 MPLS 技术,网络交换方面的光突发交换,AON 中的 IP 传送技术研究等),兼顾光层的安全管理需求是非常重要的。相信随着 AON 研究在其他方面的突破,光层的安全管理将会得到相应的发展。

参考文献:

[1] 陈敦. 全光网络的安全分析 [J]. 通信世界,2003,39(1):33-34.

[2] 乔婧,潘武,杨静. 全光网络的安全及防范分析 [J]. 光通信技术,2008,(3):10-13.

[3] Medard Muriel, Marquis Douglas, Chinn Stephen R. Attack detection methods for all-optical networks [DB/OL]. <http://www.isoc.org/isoc/conferences/ndss/98/medard.pdf>,1998-03-13.

[4] 赵文玉,纪越峰,徐大雄. 全光网络的安全管理研究 [J]. 电信科学,2001,17(5):11-14.

(上接第 52 页)

由于海光缆生产投资大、难度大、成本高、风险大,因此我国海光缆的生产应集中优势发展。另外,海光缆具有重要的战略地位,建设海光缆必须立足国内。

参考文献:

[1] 《中国光纤光缆 30 年》编委会. 中国光纤光缆 30 年 [M]. 北京:电子工业出版社,2007. 233-239.

[2] Jeff Hecht(著),贾东方(译). 光纤光学(第四版) [M]. 北京:人民邮电出版社,2004.

[3] 杨可贵. 现代海底光缆新特点 [J]. 光通信技术,2005,(1):62-64.

[4] 陈亮. 漫谈海底光缆 [J]. 现代通信,2004,(4):13-15.

[5] 赵梓森. 光纤通信工程 [M]. 北京:人民邮电出版社,1994.

