

混合式光电电流互感器高压侧的电源方案研究

周新启¹, 刘会金¹, 郑莎²

(1. 武汉大学电气工程学院, 湖北 武汉 430072; 2. 中南勘测设计研究院宜昌分院, 湖北 宜昌 443133)

摘要: 混合式光电电流互感器 (HOCT) 高压侧供电方案一直是 HOCT 技术实用化、产业化的一个关键和难点。该文介绍了 HOCT 的基本原理、结构并给出了几种 HOCT 高压侧的供电方案, 对各种方案进行了比较评价, 指出了各种方案在使用中的优劣, 为高压侧供电方案实用化、产业化进行了有益的探讨。

关键词: 混合式光电电流互感器; 激光供电; 悬浮互感器供电; 电容式分压器供电; 太阳能供电

中图分类号: TM452 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)18-0071-04

0 引言

电流互感器 (CT) 是电力系统中计量、继电保护、控制与监视的重要设备。随着电力系统向着高电压、大电流方向发展, 传统电磁式 CT 不仅在高电压绝缘方面花费巨大, 而且可靠性和测量精度也难以保证^[1]。光电电流互感器 (OCT) 引入光纤传感和光纤传输信号技术, 既解决了高、低电压侧的绝缘问题, 又架起了高、低电压侧信息传输的桥梁, 其无磁饱和、动态测量范围宽、响应速度快、抗电磁干扰能力强、无二次开路危险、绝缘成本低、体积小、安装运输方便等优点适应电力系统自动化、集成化、数字化的改造趋势而成为国际竞相研究的热点。OCT 分为混合式 (HOCT) 和磁光式 (MOCT) 两种。由于 HOCT 既利用了光纤传输系统的高绝缘性特点, 又发挥了电力工业界广泛接受的常规 CT 测量装置的优势, 还避免了基于法拉第磁光效应的 MOCT 传感头制作要求高、光路复杂以及全光纤传感头线性双折射、块状玻璃全反射相位差、温度和振动等技术难点带来的影响 MOCT 测量系统的精度和稳定性的问题, 而成为各国研究的热点^[2,3]。但是, 如何向 HOCT 系统高压侧供电使高压侧电子电路稳定可靠地工作一直是 HOCT 应用的一项关键技术, 也是一项难点技术。本文就如何向 HOCT 高压侧供电的各种电源方案进行了研究和比较。

1 HOCT 的原理和基本结构^[2]

典型的 HOCT 系统原理框图如图 1, 它分为高、低压侧和光纤传输三个部分。高压侧采用 Rogowski 线圈作为采样传感头, 经过信号处理电路转换成数字信号后再通过电光转换经由光纤传送到低压侧, 由微机系统进行数据处理。因此高低电压侧间无任

何电磁联系, 不存在高低压间的绝缘问题, 但是正是因为如此如何向高压侧的电子电路供电就成为 HOCT 系统设计的一项关键技术, 也是该系统设计的一个技术难点。

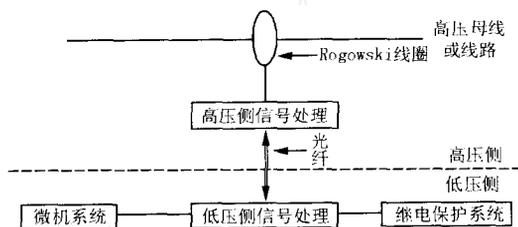


图 1 HOCT 系统的原理框图

Fig 1 Block diagram of HOCT system

2 HOCT 的供电方案探讨

当前 HOCT 系统的研究中关于高端电源供给方案主要有两种方式: 一种是在低压侧反射入光能, 通过光纤传输到高压侧后将光能变为电能的供电方式; 另外一种是在高压侧提取电能供电。后一种方案又可分为悬浮互感器式供电、高压电容分压器供电以及太阳能供电方式。

2.1 低压侧激光供电方式

HOCT 低压侧激光供电方式的原理框图如图 2, 这种方案的特点是电源能量由低压侧供给, 它由激光二极管 (LD)、光电池 (PD)、光电转换器和 DC-DC 变换器组成。在低压侧将电源能量推动半导体激光二极管 LD 发光, 然后利用光纤将激光能量传递到高端。高压侧的光电池 (PD) 将光能转化为电能, 经过 DC-DC 变换后给高压侧电子电路供电^[2,3]。

该方案在设计中要注意的是: 光电池是非线性器件, 存在最大功率点和阻抗匹配问题^[3], 因此要设计匹配的 DC/DC 转换电路和负载电路, 使得光电池工作在最大功率电压区。可以采用在光电池输

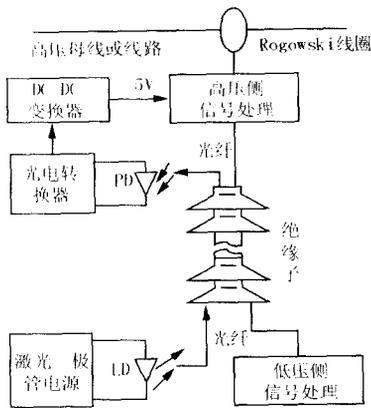


图 2 低压侧激光供电方式原理框图

Fig 2 Block diagram of laser power supply in low potential

出端接一变压器,通过选定变压器匝数比来获得较好的阻抗匹配性能。这种方案由于采用变压器提升电压以及仅需要数量较少的光电池而使得光能的损失最少,光能的利用率较高,另外还可以在匹配阻抗的情况下用最少的驱动高端电子电路^[4]; LD的发光波长和输出功率都随温度变化而变化,影响供电系统的稳定性,因此要设计温控补偿电路使LD工作在 20 左右的条件以达到输出恒定光功率^[3]。激光供电方式的优点是电源能量供给恒定,使供电电源有稳定的输入,不受母线或线路电流大小和电压高低的影响,可以从低端控制电源供给,缺点是成本较高,能量利用率较低。

2.2 高压侧供电方式

2.2.1 高压侧悬浮供电方式^[5,6]

悬浮互感器供电方式是利用电磁感应原理,通过铁磁式互感器从高压母线或线路上感应交流电压,然后经过整流、滤波、稳压后为高压侧电子电路供电,其原理框图如图 3 所示,其等效电路如图 4 (其中, Z_c 为可控阻抗, Z_L 为负载阻抗)。

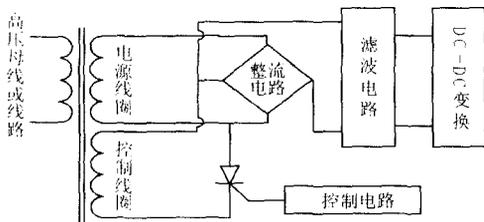
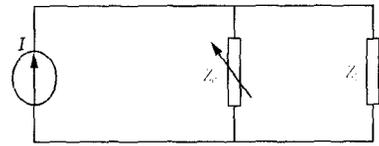


图 3 悬浮互感器供电方式原理框图

Fig 3 Block diagram of floating-type transformer power supply

电路方程为:

$$U_L = I \frac{Z_c \cdot Z_L}{Z_c + Z_L}$$



注: Z_c 为可控阻抗; I 为母线或线路电流; Z_L 为负载阻抗
图 4 悬浮互感器等效电路图

Fig 4 Equivalent circuit of floating-type transformer

当满足 $Z_c = 1 / \frac{I}{U_L} - \frac{1}{Z_L}$ 时即可输出恒定电压

U_L 。该方案的关键是设计一可控阻抗使之具有上述特性以达到输出稳定电压。为简化分析,同时考虑实际情况,仅考虑幅值,可知当 $I < U/Z_L$ 时 $Z_c < 0$,即 Z_c 相当于一发电机或者某一外部电源,若高压侧无其他外加电源则高压侧电子电路就无电源供应而无法正常工作,即该方式存在供电死区问题。由于存在供电死区,如何尽量减小死区保证在小电流的情况下亦能给高端电子电路供电是本方案的一个不可回避的问题。

该方案的另一个关键问题是由于母线或线路电流变化大,必须设计可靠的分流电路以获取稳定的电源供应。现代电力系统负荷变化很大,母线或线路电流变化范围很大(几安到数千安),以 10 kV 电压等级额定电流为 400 A 为例,母线或线路稳态电流可以在 5% ~ 120% 额定电流内变化,在短路故障情况下母线或线路暂态电流可达到 10 倍额定电流甚至更高,如此大的电流变化范围使得设计出稳压电源难度加大。由于电流变化范围大,在出现过大大电流或者短路电流的情况下必须设计分流电路以使向高端电子电路提供电源的主电路稳定可靠地工作,在吸收电路的设计上除了可以用图 3 所示的反馈控制方式外还可采用交流斩波调压的方式,其原理框图如图 5 所示,由大功率可控硅构成开关动作斩波回路,通过控制通断时间即可控制加在负载上电压的平均值,达到控制输出电压的目的。该方式使电流工作范围更宽。

2.2.2 高压侧 CVT 供电方式^[7,8]

在高压侧安装小型电容式电压互感器(CVT),从电容分压器上获取电能,经过变压、整流、滤波、稳压后向高压侧供电,其原理框图如图 6 所示。

该方案在实际应用中由于母线电压变化不大,可以获得较稳定的电压源。但是当线路发生大幅的电压波动或者出现过电压时要设计性能可靠的限幅

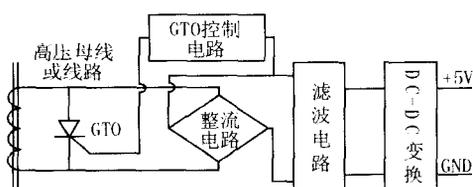


图 5 斩波控制方式原理框图

Fig 5 Block diagram of chopping control method

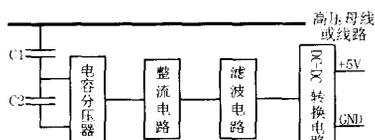


图 6 高压侧 CVT 供电方式

Fig 6 Block diagram of CVT power supply in high potential

限压电路,以防止过压出现将高端电子电路烧坏。采用 CVT 分压方式还可以将电压信号测量、计量和保护结合起来,应用光纤技术实现电力系统的电压、电流、功率(VIP)测量。

2.2.3 高压侧太阳能供电方式

高压侧太阳能供电方式就是在高压侧安装太阳能电池并设计处理电路向高端电子电路供电,其原理框图如图 7 所示。

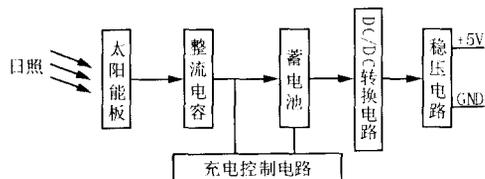


图 7 太阳能供电方式原理框图

Fig 7 Block diagram of solar energy power supply

由于高端电子电路的功耗较小并且从设计上可以做到尽量选择低功耗元器件,因此选用太阳能供电不失为一种选择方式。由于太阳能电池输出电压等级较低,一节最大输出电压为 0.484 V,因此需要多节电池串联供电,并且需要低电压到中等电压的转换器。变化的光照强度对太阳能电池的开路电压影响较小,但对最大可利用电流有直接的影响;同时日照条件每天都在变化,太阳能电池接受的光能在变化,因此必须设计储能电路和充电电路以充分利用能量。稳压电路是为了在防止充电过程中影响向高端电子电路供电的稳定性。

3 结论

通过对以上几种方案各自设计关键与难点的分析与比较可以看出低端激光供能方案具有较高的稳

定性,不受高端线路变化的影响,能提供稳定的电源,但是目前大功率光电转换器件的性能及价格一直是此方案应用于实际的障碍,较低的能量转换效率也不符合节约能源的要求。高端太阳能供电方式虽然是较好的绿色利用能源,但是其复杂的充电控制电路以及蓄电池的使用寿命限制严重地制约了该技术的应用。

悬浮互感器供电方式和高压电容分压器供电方式较好地利用了当前互感器制造的成熟技术,且就地取能,因其结构简单、成本低廉,技术方案成熟而有其应用的空间,适合实用化和产业化。但是由于两种方案在故障或非正常情况下都存在供电死区,电力系统小负荷时电流过小悬浮互感器方案不能正常供电;当线路上电压跌落较大时高压电容分压器方案亦不能正常供电。因此这两种方案单独使用使得高端供电不可靠。

但是电力系统中母线电压较为稳定,当出现小负荷小电流时电压变动不大,如果将悬浮互感器供电和电容分压器供电两种方式结合起来不仅可以成功地解决高端供电死区问题,还可以解决电压信号采样问题。因此高端悬浮互感器供电方式和高压侧 CVT 供电方式两者有机结合不仅可以解决高端电子电路供电可靠、无死区问题,亦可实现电压信号采样问题,从性价比及可靠性的角度来考虑不失为一种解决方案。

参考文献:

- [1] 管喜康. 光纤技术在电工领域中的应用 [M]. 北京:水利电力出版社, 1992
GUAN Xi-kang Application of Fiber Technology in the Field of Electrical Engineering [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1992
- [2] 张曦,张庆伟,张源斌. 混合式 OCT 高压侧电路的供电方式 [J]. 高电压技术, 2002, 28(12): 14-15.
ZHANG Xi, ZHANG Qing-wei, ZHANG Yuan-bin Solutions of Power Supplies for High Voltage Circuit of Hybrid Optical Current Transformer [J]. High Voltage Engineering, 2002, 28(12): 14-15.
- [3] 颜研,张涛,罗承沐,等. 一种混合式光电电流互感器的电子电路 [J]. 变压器, 2001, 38(11): 7-9.
YAN Yan, ZHANG Tao, LUO Cheng-mu, et al Circuit of Hybrid Optical Current Transformer [J]. Transformer, 2001, 38(11): 7-9.
- [4] Yamagata Y, Kumagai T, Sai S, et al A Sensor Powered by Pulsed Light for Gas Density of GIS [A]. Transducers, 1991: 824-827.

- [5] 李芙英,陈永亭. 应用于光电式电流互感器的悬浮式电源的设计[J]. 继电器, 1999, 27(1): 40-42
LI Fu-ying, CHEN Yong-ting Design of Floating Type Power Supply Applied for Photoelectric CT[J]. Relay, 1999, 27(1): 40-42
- [6] 李芙英,朱小梅,纪昆,等. 一种应用于高压侧测量系统中电源[J]. 高电压技术, 2002, 28(3): 46-47.
LI Fu-ying, ZHU Xiao-mei, JI Kun, et al The Power Supply of Optoelectric Current Transducer [J]. High Voltage Engineering, 2002, 28(3): 46-47.
- [7] 纪昆,潘珍吾. 基于光电式电流互感器的VIP测量及电力系统保护[J]. 现代电力, 2001, (11): 47-51.
JI Kun, PAN Zhen-wu VIP Measurement and Power System Protection Using Opto-electronic Transformer[J]. Modern Electric Power, 2001, (11): 47-51.
- [8] 徐雁,罗苏南,叶妙元. 一种新型的光纤电容电压互感

器[J]. 华中理工大学学报, 1998, 26(11): 41-43.
XU Yan, LUO Su-nan, YE Miao-yuan A New Type of Optical Fiber Voltage Transformer with Capacitor[J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology, 1998, 26(11): 41-43.

收稿日期: 2004-12-15; 修回日期: 2005-03-01

作者简介:

周新启(1976-),男,硕士,研究方向为电能质量分析与控制; E-mail: zhouxinqi@sina.com

刘会金(1952-),男,教授,博士生导师,从事电能质量测控以及灵活交流输电技术等方面的研究;

郑莎(1976-),女,本科,工程师,从事电站电气设计工作。

Study of power supply for high potential circuit of hybrid optical current transformer

ZHOU Xin-qi¹, LU Hui-jin¹, ZHENG Sha²

(1. School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2 Yichang Design Branch of Mid-south Design & Research Institute for Hydroelectric Projects, Yichang 443133, China)

Abstract: How to supply high potential circuit is a difficulty and key technique for the application and industrialization of hybrid optical current transformer. This paper introduces the principle and basic structure of hybrid optical current transformer, presents several power supply methods for high potential circuit of hybrid optical current transformer and details their advantages and disadvantages. Some discussions about the application and industrialization of power supply methods are made.

Key words: HOCT; laser power supply; floating type transformer supply; capacitive-type potential divider supply; solar energy supply

地区电力需求分化促使电力公司业绩分化

电力供求增速环比小幅上涨。1-7月份全国发电量13488.04亿千瓦时,比去年同期增长13.6%。7月份,规模以上企业发电量、火力发电量和水力发电量分别是2178.90亿千瓦时、1717.34亿千瓦时和404.21亿千瓦时,环比分别增长8.57%、10.52%和1.42%。

增量和存量电源建设调控力度进一步加强。关停小机组将有助于国家有效调节电力供需,促进行业健康发展。发改委8月15日公布2010年前第一批关停小火电机组,共计534.55万千瓦。目前我国10万千瓦以下的机组比重达到26%,其中有5561.5万千瓦小火电,542.44万千瓦柴油机组。此次宣布2010年前关闭的第一批534.55万千瓦机组仅占我国现有10万千瓦以下小火电总量的9.6%。

地区电力需求出现分化将会促使相应地区电力上市公司业绩分化。部分省份如海南、广西、宁夏、内蒙古、青海、江苏、河南、山东、云南等省份电力需求强劲增长在18.7%以上,而辽宁则出现负增长。

电源建设减速以及电力需求增长决定了行业供求形势的缓解是个逐步的过程。2005年除个别地区外电力基本仍处于供不应求状况,2006年目前电力供求非常紧张的地区用电高峰季节仍会存在一定缺口,2007年全国大部分地区才会实现供需平衡并达到正常的备用电量。

目前是投资电力行业上市公司的较好时机。煤价与火电企业毛利率具有良好线性相关性,据我们测算,混煤价格每下降10元,火电企业的毛利率上升约0.944个百分点。目前行业面临成本下降的转机,而煤电联动的电价上调效应将在三季度集中体现,构成中线投资机会。