

用于微机保护的光学电流互感器的开发

盛珑¹, 高桦², 张国庆¹, 郭志忠¹

(1. 哈尔滨工业大学电气工程系, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 哈尔滨工业大学应用物理系, 黑龙江 哈尔滨 150001)

【摘要】 阐述了可应用于电力系统高压线路中微机保护的光学电流互感器(OCT - optic current transducer)的工作原理及其系统结构和实验情况。

【关键词】 光学电流互感器; 微机保护; 开发

1 引言

目前, 电力系统中作为保护用的电流互感器仍然普遍使用电磁式电流互感器。但是随着现代电力系统电压和容量的增长, 某些复杂继电保护装置不仅反映短路电流的大小, 还反映相位和波形, 甚至反映电流的突变率。这就对电流互感器提出了更严格的要求。保护用电流互感器往往在短路等造成大大超过额定值的电流下, 并且是在过渡状态中完成其特定的作用。而过渡状态中一次电流的非周期性自由分量对电流互感器的影响很大。特别是在大容量变电站母线附近短路时, 一次电流非周期分量, 衰减慢, 甚至引起误动^[1]。所以, 随着电力系统电压的不断提高, 容量的不断增大, 电流互感器工作条件越来越繁重, 电磁式电流互感器的自身缺陷显得越来越突出。为此, 国内外许多学者一直在寻求新原理, 研制新型电流互感器。而基于法拉第旋光效应的光学电流互感器由于测量范围宽, 绝缘简单可靠, 无磁饱和, 无二次开路危险, 抗电磁干扰能力强, 体积小, 重量轻, 安装运输方便, 易于同微机保护接口等优点, 具有可观的性能价格比。因而, 许多学者对其用于继电保护进行了研究。本文介绍了将研制的光学电流互感器实验样机, 同现有的微机保护配合, 在动模实验室实验情况, 为光学电流互感器挂网运行奠定实验基础。

2 OCT 的工作原理及系统构成

根据法拉第效应, 通过电流周围磁场中的偏振光的偏振面发生偏转, 偏转角 θ 满足:

$$\theta = V \cdot B \cdot L \quad (1)$$

其中:

V —— 费尔德 (Verdet) 常数, 它只与所选的光学材料有关。

B —— 磁感应强度。

L —— 光通过的路程。

对于空间分布的磁场 $\vec{H}(L)$ 它是光路 L 的函数, 用微分学表示方程(1)得:

$$d\theta = \mu \cdot V \cdot \vec{H}(L) \cdot d\vec{L}$$

式中 μ —— 材料的磁导率。

将上式两边同时积分得:

$$\theta = \int_{L_1}^{L_2} \mu \cdot V \cdot \vec{H}(L) \cdot d\vec{L}$$

若采用光纤或磁光块玻璃使光路环绕通电导体闭合, 则有:

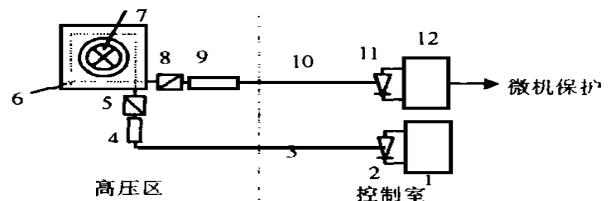
$$\theta = \mu \cdot V \cdot N \cdot \vec{H}(L) \cdot d\vec{L} = \mu \cdot V \cdot N \cdot i$$

其中, N —— 光路与电流交链的匝数; i —— 导体中流过的电流

这里对于电流互感器来说, 通常用弱磁性材料做传感头, 因此, μ 为常数, 习惯上与 V 合并。这样, 光绕导体闭合一圈时, 有:

$$\theta = V \cdot i \quad (2)$$

因此, OCT 测量系统是通过检测偏振光旋转角来测得电流的。



1 - 光源驱动电路; 2 - LED; 3, 10 - 光纤; 4, 9 - 自聚焦透镜; 5, 8 - 起, 检偏器; 6 - 传感头; 7 - 被测电流; 11, 12 - 光探测器及检测电路

图1 OCT系统示意图

整个系统结构如图1所示。用恒流源驱动一发光二极管(LED)得到一个恒定光源。光通过光缆中的一根光纤从控制室传输到高压区, 经过准直透镜准直后, 成为平行光。输出光由偏振片起偏后成为

线偏振光,入射进传感头。光在传感头内绕一周,在磁场作用下,偏振面发生旋转。出射光经检偏后,再由透镜耦合进光缆中的另一光纤传输到控制室,被光探测器转换成电信号,经放大、滤波,送至微机保护装置。系统中,起偏器、检偏器的透光轴的夹角为 45° ,当被测导体流过交流电流时,传感头中的偏振光的偏振面发生旋转,转角为 θ ,则根据马吕斯定律:

$$I = I_0 \cos^2(45^\circ + \theta) \quad (3)$$

式中 I_0 为光源提供的恒定光强。

将(3)化简可得:

$$I = \frac{1}{2} I_0 (1 + \sin 2\theta) \quad (4)$$

$$\text{当 } \theta \text{ 很小时有: } \sin 2\theta \approx 2\theta \quad (5)$$

代入式(4)得

$$I = \frac{1}{2} I_0 (1 + 2\theta) \quad (6)$$

将式(2)代入上式有:

$$I = \frac{1}{2} I_0 (1 + 2V \cdot i) = \frac{1}{2} I_0 + I_0 \cdot V \cdot i$$

上式表明信号中有交、直流两种成分,光电接收器将此信号转化为电信号。用电路分离出交流分量 V_{AC} 和直流分量 V_{DC} :

$$V_{AC} = K_A \cdot I_0 \cdot i$$

$$V_{DC} = K_D \cdot I_0$$

其中, K_A 、 K_D 为常数,与光电接受器的光电转换效率及电路放大倍数有关。

为了消除光源功率波动的影响,用 V_{AC}/V_{DC} 可得最终输出:

$$V = k \cdot i$$

式中 $k = K_A/K_D$ 。

这样得到与被测电流成正比的输出电压信号 V 。整个测量系统由光路部分和电路部分构成。

光路系统是指从光源开始至光探测器为止光传播所经过的路径及其涉及的器件。按传播顺序各器件依次为:光源、光缆、准直透镜、起偏器、传感头、检偏器、耦合透镜、光缆和光探测器。

传感头由抗磁材料重火石玻璃类 ZF-7 制作,结构如图 2。其 Verdet 常数理论值为 $1.39 \times 10^{-5} \text{ rad/A}$ 使得电流峰值为 1000A 时,偏振光转角 $< 1^\circ$,在大电流时仍保持较好的线性度。

在传感头中,光通过六次全反射,围绕被测电流旋转一圈。因为按照安培环路定律,这里只有光路闭合才能使得测量不受外界磁场和被测量通电导体相对位置变化影响。在传感头中每个角处光连续两

次全反射的反射面是正交的,这样保证全反射后线偏振光的线偏性不改变^[2]。否则,全反射将使线偏振光的两个正交分量产生相位差,成为椭圆偏振光,降低测量灵敏度^[3]。

本系统电路部分主要有两部分:光源驱动电路、信号检测电路。为了保证系统测量的精度,要求光源的光功率稳定。因此,驱动 LED 的电路不仅可提供 60mA 左右的电流,并且电流稳定度可达 10^{-5} 。恒流源驱动的 LED 的光强表现为负温度系数。因此,系统采用电流稳定度为 10^{-5} ,并且具有可调的正温度系数的集成恒流源组件以保证系统温度系数较小,光源光强稳定性好。

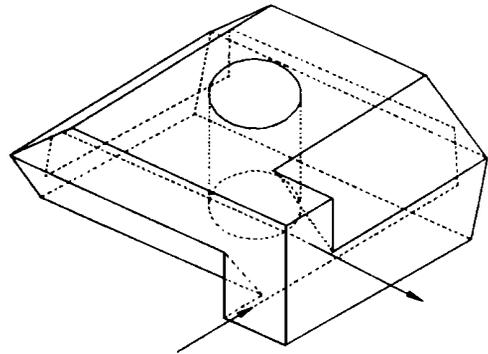


图 2 四角形双层光路传感头



图 3 信号检测电路

信号检测电路如图 3。由 PIN-FET(混合型光电接受器)得到的信号被分成交、直流两部分。用模拟除法器完成直流除交流信号,最终得到信号很好地抑制了光路系统中个元件参数变化引起的光波动的影响。检测电路得到的交流电压信号直接接入微机保护装置的压频转换的输入端,而无需中间电流-电压变换器。应当指出,故障电流较大,偏振光旋转角 θ 也很大,由式(5)将引起非线性误差,此时在单片机的数字信号处理的软件中应加入非线性补偿措施^[4]。

3 实验情况

本装置同许昌继电器厂的 WXH-11 型微机保护配合,在许昌国家继电器质量监督(下转第 34 页)

作者简介:沈鲁豫(1965-),男,讲师,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护及变电站综合自动化。

A FULL DISTRIBUTED INTEGRAL SUBSTATION AUTOMATION SYSTEM BASED ON CANBUS

SHEN Lu-yu

(Nanjing College of Electric Power, Nanjing 21003, China)

Abstract The functions and features of a full distributed integrated substation automation system which is applied to the middle and lower voltage level and based on a pair of CANBUS is introduced in this paper.

Keywords CANBUS; distribute; protection; monitor; control

(上接第 30 页)检验中心的动模实验室进行了线路保护的实验。实验简化的电路模型如图 4。

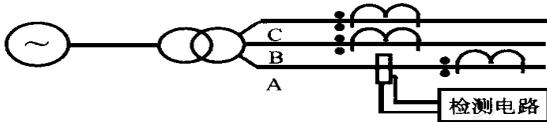


图 4 带有 OCT 的微机保护电路

实验前,撤去原 A 相电磁式 CT,装上 OCT 传感头。然后将 B、C 相电磁式 CT 和 OCT 同时接入 WHX-11 型微机线路保护装置中。由于 OCT 的输出信号是 $\pm 5V$ 的电压信号,因此无需电流-电压变换器。所以,将微机保护装置中信号转换板上的 A 相电流-电压变换器撤去,而将 OCT 输出直接接入 V/F 变换的输入端。

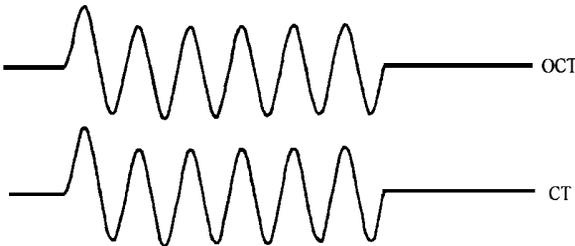


图 5 故障电流下,CT 与 OCT 的输出波形

实验中,分别做了 A 相单相接地,B 相单相接地实验,结果距离保护正确动作,零序电流保护正确动作,测距误差小于允许范围。打印输出的故障数据

正确。此外,还用故障录波仪同时记录了 A 相电磁式 CT 和 OCT 装置的故障下波形输出(如图 5),两者基本吻合。

4 结论

实验表明,光学电流互感器能够满足继电保护要求。它测量的动态范围大,频带宽,因而比电磁式 CT 更能真实反映故障下暂态过程中的一次电流,这将有助于提高继电保护的灵敏性和可靠性。当然,OCT 毕竟是一种新生事物,缺乏现场下运行经验,必须经受挂网运行的长期考验,而仍需进行更深入、细致的研究工作。

[参考文献]

- [1] 杨斌,王鹏.中阻抗母线保护母联 CT 接线的理论分析.电力设备自动化,1998.
- [2] 高桦,盛珑,郭志忠.线偏振光位相偏移棱镜.哈尔滨工业大学学报,1997,29(1):90~93.
- [3] 宗伟勇,陈锡昆.全反射对混合型光纤电流传感器检测灵敏度的影响.光学学报,1991,11(3):260~263.
- [4] 盛珑等.光学电流互感器非线性问题的数值化处理方法.全国高等学校电力系统及其自动化专业第十三届学术年会论文集,1997.

收稿日期:1998-09-22

作者简介:盛珑(1971-),男,博士生,研究方向为电力系统光学测量。

RESEARCH OF OPTIC CURRENT TRANSDUCER USING THE MICROPROCESSOR-BASED PROTECTION

SHENG Long, GAO Hua, ZHANG Guo-qing, GUO Zhi-zhong

(Harbin Institute of Technology, 150001, China)

Abstract The paper describes the principle system configuration of Optic Current Transducer using microprocessor-based protections at high voltage line, but also its experiment.

Keywords optic current transducer; microprocessor-based protection; research