

一种用在 Rogowski 线圈电流互感器中的 V/F 转换电路的设计

李双, 方志, 赵中原, 邱毓昌

(西安交通大学, 陕西 西安 710049)

摘要: 介绍了由罗柯夫斯基线圈组成的电流互感器的基本原理, 设计了一种通过 VCO 实现的 V/F 转换电路。实验结果表明这种 V/F 转换电路具有良好的实用性。

关键词: 罗柯夫斯基线圈; V/F 转换; 频率调制; 电压控制振荡器 (VCO);

中图分类号: TM452 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2002)10-0055-03

1 引言

在电力系统中, 互感器是一次系统和二次系统间的联络元件, 用以分别向测量仪表和继电器的电流线圈和电压线圈供电, 以监测控制电气设备的正常运行和故障情况。传统的电流的测量是通过应用电磁感应原理构成的电流互感器 (TA) 实现的。随着现代电力技术向高电压、大容量的方向发展, 对电力系统起保护作用 and 监控作用的电流传感器提出了向小型化、自动化、高智能化和高可靠性发展的要求。同时近代光电子和光纤通信技术, 以及数字处理技术的发展和应推动新的紧凑型电流测量技术的研究。这种测量系统主要由电流变换器、数字信号处理器以及他们之间的连接电缆 (或光缆) 组成。电压和电流变换是该测量系统的关键。它可以通过不同的物理原理实现, 但最具发展前景的应是光-电转换原理^[1]。

电流变换器分为半常规和电-光变换器两类 (又称为 OCT)。半常规的电流变换器主要有带铁心的微型 TA 和罗柯夫斯基线圈 (Rogowski) 两种。电光变换器 (OCT) 也有利用法拉第效应的和利用塞格奈克效应的两种。由于 OCT 对温度、振动的敏感及其长期工作的时间稳定性有待进一步解决, 另外其传感头制作要求高、价格昂贵。因此其实际应用还需要做进一步的研究和开发工作。用 Rogowski 线圈组成的互感器能很好地解决上述问题^[2,3]。用这种线圈组成的 TA 与常规 TA 相比有以下优点: 体积小、价格低、准确度高。本文在介绍这种 TA 的基本原理的基础上, 设计了一种用于这种 TA 的 V/F 转换电路。

2 基本原理

2.1 罗柯夫斯基线圈的基本原理

罗柯夫斯基线圈利用电磁感应的原理工作。其结构见图 1。绕组均匀地绕在一个非铁磁性小截面芯子上在绕组两端接上合适的电阻就可以测量电流。它与常规的 TA 的不同之处在于: 无铁芯、内部电抗与负载相比数值较小、负载电阻值较大。设线圈的匝数为 N , $I(t)$ 是被测电流, r 为线圈的平均半径, S 为线圈的横截面积。当被测电流通过时, 便在线圈上产生互感电动势:

$$e(t) = - (\mu_0 NS/2r) dI(t)/dt \quad (1)$$

式中: $\mu_0 = 4 \times 10^{-7}$ H/m 为真空磁导率。图 2 是图 1 的等效电路图。其中 $e(t)$ 是感应电动势, $i(t)$ 为流过线圈的电流, R_L 是绕线电阻, L 为线圈的自感, R_0 是信号电阻。从回路可以得到:

$$e(t) = L \frac{di(t)}{dt} + (R_0 + R_L) i(t) \quad (2)$$

当自感 L 较大, 感抗足够大时, 则由式 (2) 可得: $i(t) = - I(t)/N$ (N 为绕组的匝数)。因此信号电阻 R_0 上的输出电压: $U_{out}(t) = - R_0 I(t)/N$, 即被测电流 $I(t) = - NU_{out}(t)/R_0$

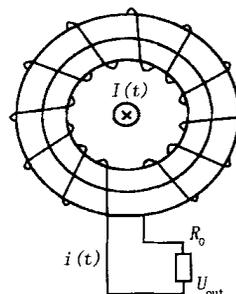


图 1 罗柯夫斯基线圈的结构图

Fig. 1 Structure of Rogowski coil

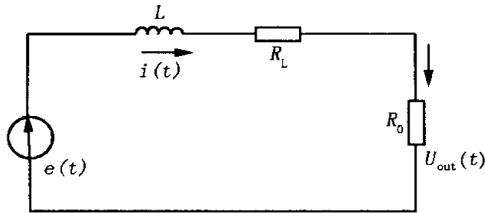


图 2 罗柯夫斯基线圈的等效电路图
Fig. 2 Equivalent circuit of Rogowski coil

2.2 Rogowski 线圈组成的互感器的原理

测量系统的原理图如图 3 所示。当被测电流 i 通过罗柯夫斯基 (Rogowski) 线圈时,在线圈出线端感应出电势 e , e 与初级电流 i 的变化率 di/dt 成比例。该信号经积分器得到一个与 i 成比例的电压信号;接着在高压端把这个信号通过 V/F 变换转变成频率调制光脉冲信号。再把这个光脉冲信号通过光纤传到低电位,在低电位端,经 O/E 变换把光信号解调为电信号,对信号进行处理,还原成所测量的电流信号。

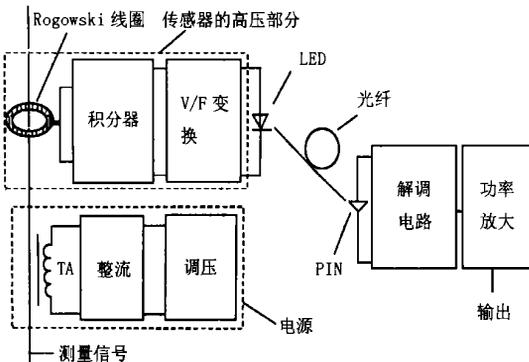


图 3 测量系统的原理图
Fig. 3 Principle of measurement system

3 V/F 电路的设计

图 3 中的积分器的输出电压通过 V/F 变换转变为频率信号,这个频率信号驱动发光二极管发光。因此 V/F 变换是这种类型互感器的主要组成部分,它的性能直接影响了互感器的性能。本文设计了一种通过电压控制振荡器 (VCO) 来实现 V/F 转换的电路,其电路主要由衰减器、阻抗变换和放大电路、电压控制振荡器 (VCO) 和驱动电路三部分组成。

3.1 衰减器

积分器的输出电压首先接到一个衰减

器上,衰减器的主要作用是限制输入电压的范围和增大输入阻抗,使 Rogowski 线圈的输出电压符合 V/F 变换的输入要求。其具体电路采用电阻和电容串联的形式。可以通过改变元件的值来改变测量的范围。其电路原理如图 4 所示。

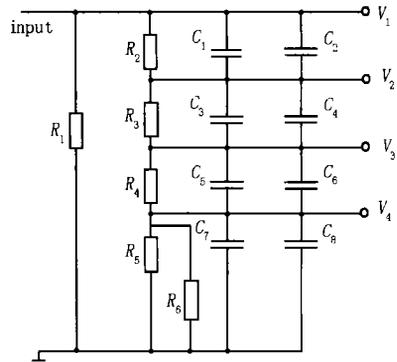


图 4 衰减器电路原理图

Fig. 4 Principle of decaying circuit

3.2 阻抗变换和放大电路

经过衰减器的信号输入到一个阻抗变换器内,本文阻抗变换和放大均采用低漂移高速高输入阻抗运放 LF356,其优点为补偿电压的漂移小,输出压摆率高,其值约为双极性运放的 10 倍。其最大的特点是输入电流小,约为 pA 数量级。因此用该类放大器可非常容易地设计高速运算和积分电路。本文采用这种运放,可以在噪声和干扰比较严重的情况下仍然能获得比较好的带宽增益和信噪比。本文的第一级采用 LF356 实现阻抗变换,阻抗变换后的信号

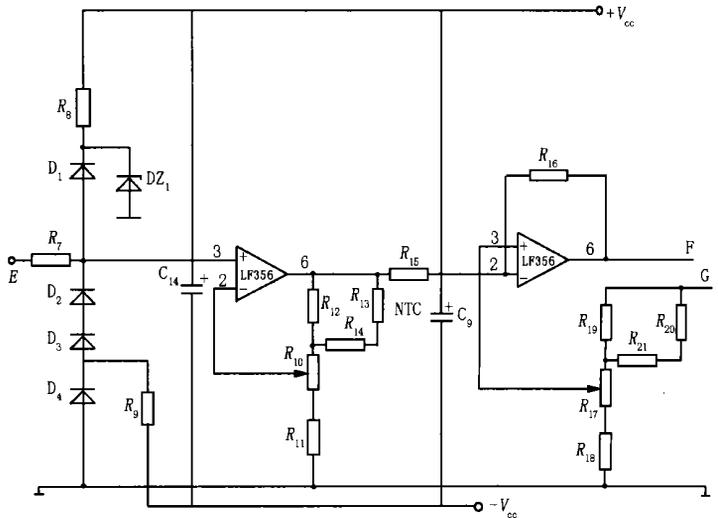


图 5 阻抗变换和放大电路

Fig. 5 Impedance conversion and amplified circuit

输入到由另一个 LF356 组成的负反馈放大电路。图 5 为阻抗变换和放大电路的原理图。

3.3 电压控制振荡器(VCO)和驱动电路

在进入驱动电路之前,需要把电压信号转换成控制驱动电路的频率信号。本文采用 54LS628 压控振荡器。它是一种 14 管脚的集成块,其电源电压为 5 V,输入电压和输入参考电压均为 0~5 V,高电平输入电流为 -1.2 mA,低电平输出电流为 12 mA,最大线性输出频率为 20 MHz,其使用温度为 -55~125^[4]。这种压控振荡器在一定的输入电压下具有较好的线性工作特性,而且通过改变其外接电容和参考电压,还可以改变其在一定输入电压下输出频率范围,以适应测量的需要。参考电压可以通过在其 12 管脚接一个稳压管来实现,本文采用 LM336。

电压信号经过 VCO 后,输出为一定频率的脉冲信号。驱动电路就是通过这个脉冲信号驱动光电器件发光,从而实现光电转换。这里采用的驱动电路是由高速开关三极管 T_1 、开关二极管 D_7 和电容 C_{13} 组成的驱动电路。其工作原理主要是,利用 VCO 输出的脉冲控制 D_7 和 C_{13} 并联构成的充放电回路,利用这个回路控制高速 T_1 的基极电流,从而控制发光器件的发光频率。本文中的发光二极管采用 HP1412,它和接收端的 2416 配合使用。也可以采用 HP1424 和 HP2426 的组合。图 6 为电压控制振荡器(VCO)和驱动电路的原理图。

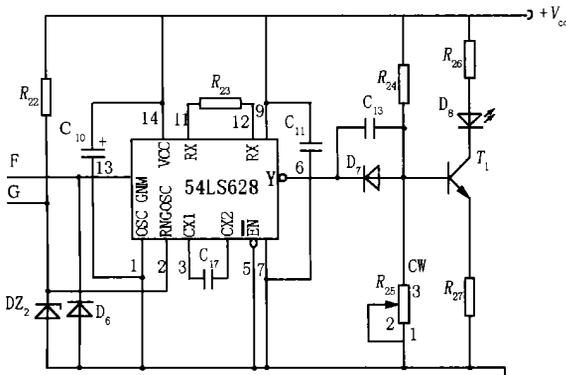


图 6 电压控制振荡器(VCO)和驱动电路

Fig. 6 VCO and drive circuit

4 V/F 电路的调试

在衰减器的输入端加上不同幅值的输入信号,在驱动电路的开关二极管 D_7 处可测得输出频率信号,这个输出频率信号就是发光器件的实际发光频

率。所得的测量结果如图 7 所示。

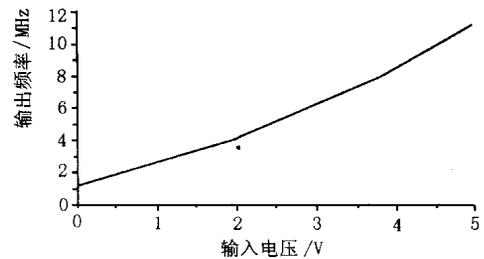


图 7 V/F 电路的响应特性曲线

Fig. 7 Response characteristics of V/F circuit

把测得的曲线和 54LS 628 的理想工作曲线相比较。可以看出,整个 V/F 具有良好的线性工作特性,其输出频率能真实的反映输入电压的变化。这种 V/F 电路还可以用在工作频率在一定范围的其它光电转换测量电路中,而且通过改变 54LS 628 外接电容和参考电压的值,还可以改变其测量的频率范围,以达到测量的需要。

5 结论

设计了一种 V/F 转换电路。这个电路可以把测量信号转变成驱动发光二极管的频率调制信号,从而实现光电转换。由于光脉冲信号是以数字信号的方式传播的,因而不受电磁干扰和环境干扰的影响。使用数字式的传播方式的另一个优点是:因环境变化和光纤不规则引起的高压侧发光二极管的光强度变化对低压测接收到的信号几乎不产生影响。同时采用光纤传输信号可以使高压侧和低压侧得到良好的隔离。

参考文献:

- [1] 曾庆禹. 电力系统数字测量系统的原理及技术[J]. 电网技术, 2001, 25(4): 1-5.
- [2] 平绍勋, 黄仁山. 光电式电流互感器的现状和发展. 高压电器[J], 2001, 37(3): 43-46.
- [3] Arthur R, et al. An alternative low cost current sensing scheme for high-current power electronics circuits[J]. IEEE Trans on Industry Electronics, 1995, 42(1): 78-84.
- [4] 孙肖子. 实用电子电路手册[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.

收稿日期: 2002-03-19

作者简介:

李双(1965-),男,高级工程师,硕士研究生,主要从事互感器的开发和研究;

方志(1977-),男,在读博士,主要从事光电测量的应用研究。

邱毓昌(1934-),男,教授,博士生导师,IEEE高级会员,主要从事高电压技术方面的研究。(下转第 65 页)

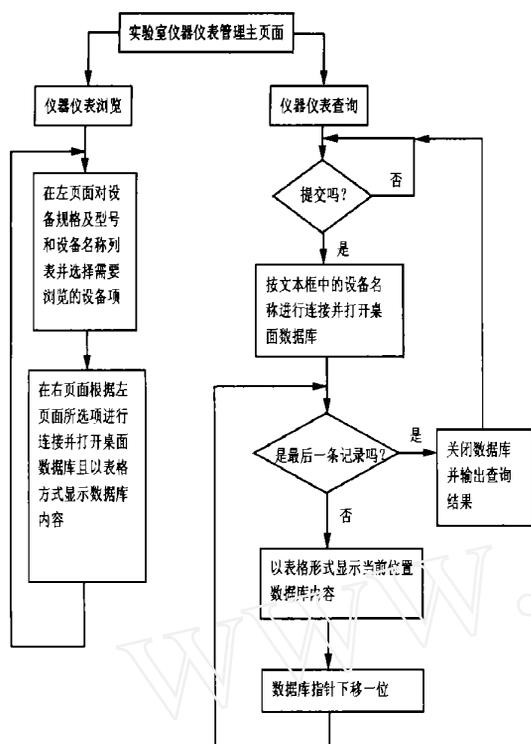


图 4 程序框图

Fig. 4 Program flow-chart

文件技术,达到了通过网络管理数据库的目的。

(3) 采用了多页面框架式页面方式,使页面紧凑简单。

(4) 采用了表格式显示数据库内容,简单直观。

通过近一年多的使用,证明此系统具有操作简单,使用方便及可在其它管理系统中推广应用此技术等优点。同时,也暴露出一些问题,如查询方式应多样化,应在服务器端编写 ASP 程序对数据库进行修改等。总之,此管理系统利用现有条件完成了信息共享,使实验室仪器仪表管理实现了计算机网络管理。

参考文献:

- [1] 李世杰. Active Server Pages (ASP) 2.0 网页设计手册 [M]. 北京:清华大学出版社,1999,5.
- [2] 精英科技. ASP 核心技术 [M]. 北京:中国电力出版社,2001,4.

收稿日期: 2001-12-27

作者简介:

王澎(1970-),女,工程师,主要从事继电保护工作。

A management system for instruments and meters in relay protection laboratory based on ASP

WANG Peng

(Liaoning Power Dispatch & Communication Centre, Shenyang 110006, China)

Abstract: Associated with working practice, a management system for instruments and meters in relay protection laboratory has been developed. This system applies browse/service architecture and the advanced network technique of ASP(Active Server Pages) accessing database via ADO. The system has many advantages, such as stringendo web page, convenience use, and implements computer network management for laboratory instruments and meters.

Key words: ASP; instruments and meters; management system; database

(上接第 57 页)

Design of a kind of V/F converter circuit for Rogowski coil current transformer

LI Shuang, FANG Zhi, ZHAO Zhong-yuan, QIU Yir-chang

(Xi'an Jiao Tong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: The basic theory of Rogowski coil current transformer is presented. A kind of V/F converter circuit according to VCO is designed. Experimental results show that the V/F converter has better application.

Key words: Rogowski coil; V/F converter; frequency modulation; voltage-controlled oscillator(VCO)

会议通知

上海汇展商贸有限公司承办的由济南市人民政府、山东电力集团公司联合主办,“第三届国际电力电工装备及电气自动化设备(济南)展览会”将于 2003 年 3 月 24~26 日在济南市召开,诚邀海内外客商关注并积极参与本届展会,共同开创美好未来。

组委会地址: 山东省济南市槐村街 25 号 501~505 室 邮编: 250002

传真: 0531-7155910 7161434 7161484 电话: 0531-7155910 7161434 联系人: 沈进