

一种用于电子式电压互感器的隔离电路的研究

尹永强¹, 古书燕², 叶磊¹

(1. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 河南天泰矿冶安全工程咨询有限公司, 河南 郑州 480008)

摘要: 针对电子式电压互感器上一次和二次隔离的问题, 笔者通过使用运算放大器、光电隔离放大器和其他一些分立元件, 研究设计了一种光电隔离电路, 很好地解决了该问题。仿真实验表明, 这种隔离电路性能很好, 有很大的实用价值。

关键词: 电子式电压互感器(EVT); 隔离; 集成运算放大器; 光电隔离放大器

中图分类号: TM451

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2008)01-0053-03

An Isolation Circuit for Electronic Voltage Transformer

YIN Yong-qiang, GU Shu-yan, YE Lei

(1. School of Electrical and Electronic, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;
2. Henan Tiantai Mining Safety Engineering Consulting Co. Ltd., Zhengzhou 450008, China)

Abstract: To the issues of the isolation between the primary side and the second side of the electronic voltage transformer, a new photoelectric isolation circuit was designed to separate secondary circuit components from high voltage part effectively by using integrated operation amplifier and some other separate components. Simulation and experiments indicate that this circuit has good characteristics and is worth promoting.

Key words: electronic voltage transformer(EVT); isolation; integrated operation amplifier; photoelectric isolation amplifier

0 引言

电路隔离的主要目的是切断干扰信号的传输路径, 实现相应的抗干扰性能和一次、二次的有效隔离。电力系统中, 利用电压互感器隔离一次系统和二次系统很重要, 可以有效地抑制一次的接地干扰进入二次电路, 避免对后面的模拟电路和数字电路造成损害。笔者设计的电路是某公司生产的一种电子式电压互感器(EVT)结构中的一部分, 该 EVT 是用在 10 kV 和 35 kV 系统中, 采用电阻分压器、电容分压器或者光学装置作为一次转换部件, 利用光纤作为一次转换器和二次转换器之间的传输系统, 并装有电子器件作测量信号的传输和放大, 具有模拟量电压输出或者数字信号输出^[1]。

对于电磁式电压互感器, 由于具有变压器结构, 因此本身就能实现一次和二次的电气隔离。但是对于 EVT, 其结构中不含变压器结构, 一次和二次是直接相连的, 因此必须另外设计电路来实现一次和二次的电气隔离。

隔离的种类有多种, 如模拟信号的隔离、数字信号的隔离以及模拟信号和数字信号之间的隔离, 其

中模拟信号的隔离相对比较复杂, 要综合考虑模拟信号的精度、线性度、频率响应、噪声响应等^[2]。对精度的要求越高, 实现隔离的成本也越高^[3]。模拟信号隔离的主要途径有: 变压器隔离、线性放大器隔离和光电隔离等。该设计所实现的就是模拟信号的隔离。

1 隔离方式的选择

一般而言, 模拟信号的隔离用隔离变压器是比较理想的, 特别是带屏蔽的线性隔离变压器。但是通过计算发现, 由于绕组的匝数多, 二次绕组的输出电阻不能做的太低, 因此对于比较低的电压信号而言, 一次电压变化时二次绕组内阻引起的误差是不可忽略的。作者通过试验发现, 当一次电压在额定值的 80%和 120%范围内变化时, 隔离变压器的二次输出误差已经远远超过 0.2 级的要求。因此, 用隔离变压器实现这种隔离是不合适的。再者, 性能良好的隔离变压器价格很高, 而且变压器本身不适合做成集成电路, 所有这些缺点决定了必须找到一种更合适的方法来实现这种隔离。

光电隔离也是一种很常用的隔离方式。光电耦合器是实现光电耦合的核心器件, 它以发光元件为输入元件, 将电能转换成光能; 光敏元件为输出元

收稿日期: 2007-05-27; 修回日期: 2007-10-13

作者简介: 尹永强(1983-), 男, 河南省南阳市人, 在读硕士研究生, 从事电子式电压互感器的研究。

件,再将光能转换成电能,实现了两部分电路的电气隔离,从而可有效地抑制电的干扰。但是一般情况下光电耦合器用于数字电路的隔离,如果用于模拟信号的隔离则必须采用特殊的结构来实现。

基于以上两种隔离思想的对比,光电隔离相对来说更适合整个电路的要求。笔者设计的电路采用的就是光电隔离的思想。具体实现的方法是通过光电耦合器和其他元件的合理组合构成光电隔离电路,来实现信号的传递和隔离^[4,5]。

2 电路结构和工作原理

2.1 电路结构图

电路整体上由5部分组成,其整体结构见图1。



图1 光电隔离电路整体结构图

2.2 隔离电路的工作原理

在电路的始端是一个比例放大电路(包含隔离部分),对来自分压器电路输出的幅值进行适当的调整;中间是光电隔离的实现电路,主通道采用差分电路来实现隔离放大,随后通过一个加减运算电路把双端输出变换为单端输出;反馈回路采用和前向通道相似的结构,这样在环境温度变化时可以补偿温度变化带来的误差,提高电路的精度。

该隔离电路处在互感器的高压部分,它的输入为前面电压传感器输出的信号。由于电容分压器的制造或其他方面的一些原因,这个值可能与分压器的额定输出值有一定的偏差,因此在隔离电路的前端加了一个电压调整电路,对其输入电压进行一定的调整。该隔离电路的核心是光电隔离部分的设计,下面有详细的讲解。对于一般的光电隔离放大器,其自身的工作原理决定了只能用于直流信号的隔离,而且其温度稳定性也达不到0.2级电子式电压互感器的要求。该电路的德隔离部分采用差分电路的结构,一方面保持了光电隔离放大器的优点,使得一次和二次仅有光的联系,没有电的直接关联,很好地实现了一次和二次的隔离;同时,差分电路的结构保证了交流信号的有效传输,同时能保证该电路有良好的静态工作点稳定性和良好的动态特性。

3 光电隔离模块

3.1 核心芯片介绍

该部分采用的核心器件是TLP521-4,它是一种4个隔离通道的16引脚塑料封装芯片。芯片内部结构图见图2。

该芯片的特点是4个通道在一个片子上,可以

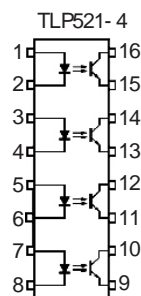


图2 TLP521-4 芯片结构图

最大程度上实现4个通道温度变化的一致性,很好的配合电路的结构对温度变化补偿的作用;同时芯片自身的工作温度为-55~100,满足所设计电路的工作温度范围的要求;再者,芯片的隔离电压达到2500V,符合隔离的技术要求。此外速度等指标都符合设计电路的技术要求。

3.2 隔离电路结构和工作原理

光电隔离电路结构采用的是差分电路的形式^[6]。其结构图见图3。

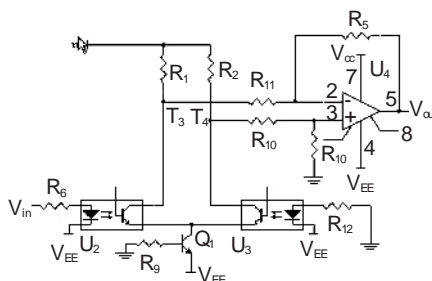


图3 光电耦合电路电路图

通过简单的分析可以发现,该电路采用一般的单端输入双端输出差分电路形式,只是在电路的两边使用光电耦合器(光电三极管),然后用一个运算电路把双端输出转换成单端输出。

3.3 仿真实验

作为差分电路的一般特征,理想情况下,如果差分电路两边的元件参数完全相同,而且温度变化也完全相同,那么由温度变化引起的误差就可以消除。该设计中采用4个光电耦合器集成在一片上,最大程度上满足了温度变化一致性的要求。该部分电路的输入和输出端的电压波形图见图4。

从上图可以看出:首先,电路的输出没有畸变说明该部分电路的线性度较好,静态工作点设置适当;再者,该差分电路的放大倍数接近于1,说明各个元件的参数选择合适。

4 反馈电路设计

4.1 反馈电路结构选择

该电路在前端通过运算放大器构成反馈。根据电路实现功能的特点,前面由电容分压器接入,基本上可视为一个恒压源;后面接的是一个固定的负载,

该电路要为其提供稳定的电压,因此选用的是电压串联负反馈的电路结构。

4.2 电路结构和工作原理

反馈电路的结构见图5。由图5可见,该处运放的反馈通路由两部分组成,一路(反馈1)直接由运放的输出端引回,另一路(反馈2)由整个前向通道的输出端引回。反馈1的作用是一般的负反馈所共有的,使运放能够正常工作在线性状态;反馈2采用和主通道相似的结构,其目的就是通过反馈进一步减小温度引起的误差,从而提高电路温度的稳定性。

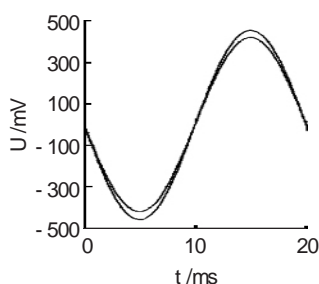


图4 差分电路输入输出波形

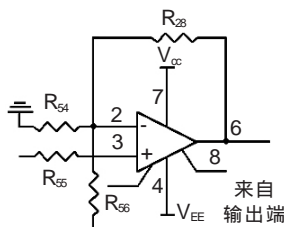


图5 反馈部分电路图

5 仿真和试验

5.1 电压特性仿真

根据电压互感器标准的要求,在额定频率、额定负荷的情况下,当一次的电压在额定值的80%和120%范围内变化时,互感器的误差应该在一定的范围内,即达到一定的精度要求。设一次的额定电压为4V,额定负荷为1k,当一次电压为3.2V和4.8V时,分别测得此时的输出电压,发现误差很小,基本符合0.2级精度的要求。

5.2 温度特性仿真试验

互感器的运行必须符合一定的温度级别的要求,该设计按照-25/40的范围要求进行试验。其仿真结果见图6。

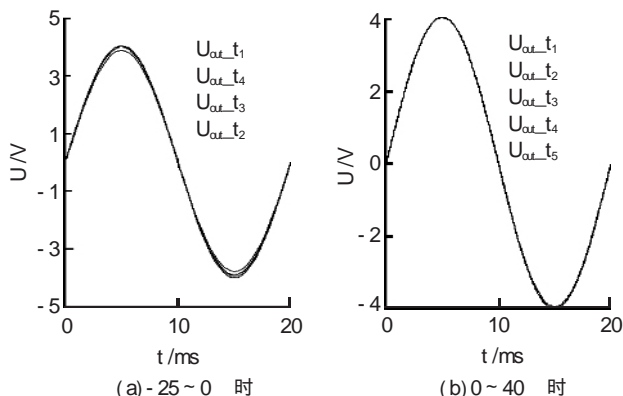


图6 -25~0 和 0~40 时的输出电压曲线

可见在最低温度-25 时的误差比较明显,但是在其他温度时的误差很小,各个温度下输出曲线基本重合。可见,该电路有很好的温度特性,说明电

路采用的结构有很好的温度补偿性能,能够经得起温度变化的考验。

5.3 电路的总体输入输出特性仿真

电路总的输入输出特性仿真曲线见图7。由图7可见,在波形图的顶端,输入和输出有微小的出入(仿真本身存在一定的误差),但是在其他部分,曲线吻合很好。可见电路的整体效果还是很好的。

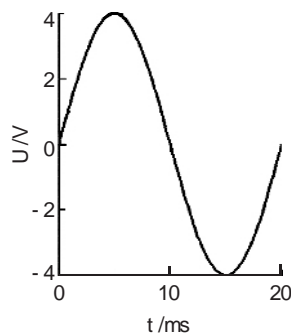


图7 隔离电路的整体的输入输出仿真曲线

6 结语

在实际的电路设计中,很多情况下都要考虑输入和输出部分的隔离,隔离可以提高电路的抗干扰性能,可以提高电路整体上工作的可靠性。隔离的实现有很多种方法。但是具体到特定的情况,能够采用的方法就很有限。实现隔离的思想有固定的几种,但是具体到一定的电路,就要仔细研究电路具有的特点,设计出结构合理的隔离电路。

作为一个实用的电路,不仅要考虑电路具备的性能,还要考虑电路的价格成本,只有性价比较高的才能有更大的实用价值。该设计使用的器件都是市面上很常见的,价格都不是很高。因此整个电路的造价也不是很高。

该电路目前已经进行了电压特性等试验,从试验数据来看,其效果良好,随后将进一步进行实际试验来验证电路的温度稳定性、抗干扰特性等,还要进一步在试验中验证该电路在整个 EVT 中的工作性能。

参考文献:

- [1] 张贵新, 赵清娇, 罗承沐. 电子式互感器的现状和发展前景 [J]. 电力设备, 2006, 7(4): 108-109.
- [2] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [3] 曾素琼. 电子电气设备的电路隔离技术探讨 [J]. 低压电器, 2005(11): 51-57.
- [4] 凌子恕. 高压互感器技术手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [5] 康华光, 陈大钦. 电子技术基础模拟部分 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [6] 邱关源. 电路[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.