

文章编号: 1001-1609(2007)01-0049-03

基于电子式电压互感器同期装置的研究

郭郴艳, 游大海, 许广伟

(华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

Research on the Synchronizing Device Based on Electronic Voltage Transducer

GUO Chen-yan, YOU Da-hai, XU Guang-wei

(School of Electrical and Electronical, Huazhong University of science and Technology, Wuhan 430074, China)

摘要: 介绍了一种基于电子式电压互感器的新型微机自动同期装置, 阐述了同期装置的软件算法和电子式电压互感器的简单原理, 并从硬件和软件两个方面给出了新型同期装置的设计方案, 实验结果表明能够实现发电机平滑并网。由于其基于电子式电压互感器, 并在软硬件方面采用新技术, 因此该装置与以往的同期装置相比: 抗干扰能力更强、精度高, 硬件结构简单, 在高电压等级时, 也不失准确性。

关键词: 同期装置; 电子式电压互感器;

数字信号处理器(DSP)

中图分类号: TM588

文献标识码: A

Abstract: A new microprocessor automatic synchronizer based on the electronic voltage transducer is presented, the software algorithm and principle of electronic voltage transducer are expounded, and the design plan of the new synchronizing device is given according to the hardware and the software. Simulation results show that generator can parallel in the power grid. Basing on electronic voltage transformers and using new technology in hardware and software, the new device has stronger anti-jamming ability, better accuracy, and simpler hardware structure than the old ones have. When the voltage step increases, the accuracy of the new device will not lose.

Key words: synchronizer; electronic voltage transducer
digital signal processor(DSP)

0 引言

发电厂经常需要进行同步操作。此过程若操作不当或误操作将会产生很大的冲击电流, 从而导致机组的机械或电气损伤, 引起系统的频率和电压波动, 使得系统无法保持稳定, 甚至还会出现更大的事故^[1]。因此, 快速、准确、平滑是同期装置的基本要求。

目前现有的微机准同期装置都是用电磁式电压互感器来引入发电机和系统两侧的电压, 由于电磁式电压互感器是用电信号进行传输的, 传输过程中易受外界电磁干扰, 造成输入信号不准确, 影响装置的准确性。随着电压等级的提高, 电磁式互感器易饱和, 使得不能精确反应一次侧的信息, 会造成合闸的误动作。此外, 电磁式互感器的输出信号不能直接与微机化计量接口相连, 需要增加硬件设备进行降压、整形等, 使得硬件结构十分复杂, 装置的重量和成本相应增加。再者, 现有的微机同期装置多为8位或16位单片机式, 已不能满足实际需要。

笔者介绍的基于电子式电压互感器的新型微机自动同期装置, 采用DSP芯片做为数据处理模块, 其强大的数据采集和计算能力满足了快速性要求, 并采用了可编程逻辑器件CPLD简化系统设计, 使整个装置结构轻巧, 调试方便, 有很好的应用前景。

1 软件算法

1.1 发电机并网原理

同期并网理想条件下需要满足的条件为: ①待并发电机的电压幅值和系统电压幅值相等; ②待并发电机和系统的频率相近; ③合闸瞬间的相角差为零。实际运行过程中可以允许在一定的范围内:
 $|U| < 2V$; $|f| < 0.5\text{ Hz}$; $|\delta| < 1^\circ$

1.2 均压和均频原理

均压就是通过对发电机的励磁调节, 使待并发电机的电压幅值和系统电压幅值相等。均频就是通过对发电机进行调速使待并发电机和系统的频率相等。为了做到使电压和频率实时调节, 可以采用电压和频率的自适应控制, 具体见文[2]。

1.3 捕捉合闸时机原理

采用恒定导前时间原理, 在断路器两侧电压的

收稿日期: 2006-06-12; 修回日期: 2006-08-18

作者简介: 郭郴艳(1982-), 女, 硕士研究生, 从事微机继电保护和变电站综合自动化的研究。

相角差为零之前的一定时间发出合闸信号。从理论上来说,当断路器的主触头闭合时,两侧电压的相角差为零,但实际上需要一定的裕度(即允许在一定的范围内)。装置会根据合闸前时间和合闸点两侧电压滑差变化率计算出合闸前相角。在应用过程中,装置将在此合闸前相角状态下发出合闸信号。

1.4 算法的实现

由于使用了电子式电压互感器,由二次测直接得到的是离散的数字信号,采用 FFT 算法可直接得到每个采样点的幅值和相角,即电压的幅值和相角。

以前的装置在计算导前相角时大都是由方波整形电路处理得到方波信号后,通过异或计算得到一系列脉宽不等的矩形信号,根据脉宽的变化规律来计算合闸前相角。此算法每计算一次至少需要一个信号周期,两个计算点之间的其它时刻的相位差只有通过线性插值法来估算,只在相位差变化率一定的情况下才能成立,不具一般性^[3]。

此处采用基于上面的 FFT 算法实时计算合闸前相角,具体实现过程如下^[4]:

$$\alpha_T = sT_{\alpha_T} + \frac{1}{2} \frac{d}{dt} s T_{\alpha_T}^2$$

$$s = 2(f_G - f_X); \quad \frac{d}{dt} s = \frac{-i_{i+1} - i}{T_s}$$

其中: α_T 为合闸前相角; f_G, f_X 为发电机、系统的频率差; T_{α_T} 为合闸前时间; i_{i+1} 和 i 为两次采样点的角频率差; T_s 为采样时间。(这里取每周波 24 个点)。

使用该算法可充分运用 DSP 对数据的运算速度、处理速度快的特点,不需要使用其他的硬件电路,从而简化了电路,减少了成本和装置的重量。

相角差是影响合闸的主要因素,计算导前相角时使用了断路器合闸时间 T_{α_T} ,此参数与断路器的触头情况紧密相关。触头是否完好,直接影响了合闸的精确度。为了准确知道合闸断路器触头情况,装置把每次实际得到的合闸时间都写入内存,与上位机相连,便于分析和处理,以此来确保装置的准确度。

2 电子式电压互感器简介

2.1 电子式电压互感器的优点

电子式互感器与传统的电磁式电压互感器相比具有以下优点:绝缘性能优良,价格便宜;抗电磁干扰性能好,低压边短路无过热危险;线性度好,无饱和现象;体积小、重量轻、节约空间;适用于最新的数字化、微机化的电力系统。

电子式电压式互感器有电阻分压式和电容分压式,这里主要介绍电容分压式。

2.2 电子式电压互感器的原理分析

其结构简图见图 1^[5]。该类电子式电压互感器

包括 3 个部分:电容分压器、高压侧电子单元、低压侧部分。采用电容分压器对电网的高电压进行分压,便于高压侧电子单元对其进行处理、采样。通过电/光耦合,把电信号转换成光信号,用光纤将信号传送到低压侧主控室,再经光电转换恢复出被测信号。

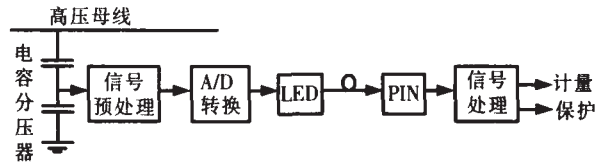


图 1 电子式电压互感器

(1) 电容分压器

其原理见图 2^[6]。

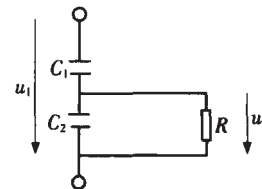


图 2 电容分压器原理图

由图可得: $C_1 \frac{d(u_1 - u_2)}{dt} = \frac{u_2}{R} + C_2 \frac{du_2}{dt}$

其相量式为: $\frac{U_2}{R} + j(C_1 + C_2)U_2 = jC_1U_1$

若 $1/R \gg (C_1 + C_2)$, (ω 为被测电压的角频率), 则: $u_2(t) = RC_1 \frac{du_1(t)}{dt}$ 。可见, du_2 和 du_1 成正比, 利用电子电路对 $u_2(t)$ 积分变换可求得 $u_1(t)$ 。

(2) 高压侧电子单元

主要包括信号的预处理模块、A/D 转换模块、CPLD 模块、DSP 模块及光发射模块等。从电容分压器出来的信号通过滤波等预处理后,经 A/D 变换变成数字量,经 CPLD 后,由 DSP 完成数字积分,输出的数据经电光转换后由多模光纤送出。增设电磁屏蔽,保证抗干扰能力。在电子单元中还可以增设温度传感器,减少温度变化对测量精度和稳定性的影响^[7]。该部分电路的电源,由一个小 CT 从高压线路上获取电能供电路工作。

(3) 低压侧部分

主要接收由高压侧送出来的光信号,进行光电转换,并对测量数据进行滤波、相位补偿等处理后得到计量和保护用信号^[8]。补偿电容分压产生的相角差,提高测量的稳定性和精确度。

采用工业级的电子器件,可以保证电子式电压互感器的寿命和工作的稳定性。由于电子式电压互感器的传感器是电容分压器,它突出的暂态特性是高压侧出口短路和电荷俘获现象。减小高、低压臂电容可缩短暂态过程,但需要兼顾杂电容的影响。俘获电荷现象会带来二次侧电压测量的误差,该误差可以用软件的方法来校正^[9]。另外,其带来的相角误

差可以通过以下方法来消除：将发电机和系统两侧的电子式电压互感器与标准电压互感器进行相位差比较并记下此值，用软件方法对测量值进行适当的修正可得到实际的相位值。

3 硬件部分

装置硬件包括以下几个模块：输入模块、系统模块、存储模块、输出模块、显示模块、通讯模块、电源模块、附加功能模块，见图3。图中：①输入模块：采用电子式电压互感器获得待并发电机和系统两侧的电压。开关量的输入经过光电隔离，避免干扰。②系统模块：以TMS320VC33为核心，实现对整个系统的监测和控制。③存储模块：用于存储和设置装置运行时所需的参数，一般写入E²PROM，防止写入数据被修改。由于TMS320VC33片内没有FLASH，需要外部扩展。④输出模块：输出各种控制指令，实现调压、调频和发合闸脉冲的功能。⑤显示模块：主要负责人机对话，通过键盘和LCD文字/图形界面可以完成各种参数设定，显示当前的工作状态。⑥通讯模块：主要负责装置之间以及上位机之间的通讯，包括整定值的在线修改、上位机控制命令的下传等功能。⑦电源模块：为各个模块提供所需的工作电压，将220V的直流(或交流)电压转换为±5V，±12V，+24V等直流电压，供给各个模块使用。⑧附加功能模块：配备看门狗电路防止程序死锁和跑飞。

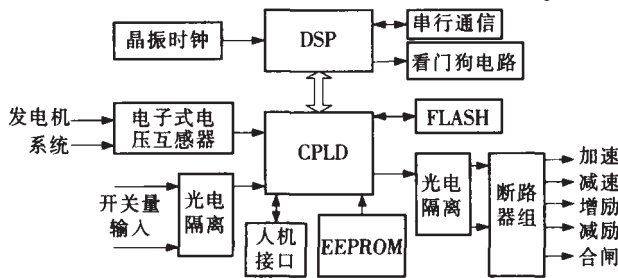


图3 装置硬件结构框图

4 软件部分

软件部分主要由主程序和中断服务程序组成。主程序主要实现初始化、参数设置等，中断服务程序实现调频、调压和发合闸命令的功能。

程序用C语言在FLASH中进行编写，因此程序较之汇编程序可读性更强，可移植性好，并且便于修改。开发环境Code Composer对C语言程序编译有优化功能，使C代码也可以达到较高的运行速度，能够满足装置的要求。此外C语言函数库中丰富的函数资源也大大缩短了程序的开发时间^[10]。

程序完成自检后，判断是否有同期操作命令，如有则计算系统两侧的电压、频率的幅值，且判断是否在设定的范围内，否则进行调压、调速控制。在电压、频率符合要求的情况下计算导前合闸角，且判断是否落在合闸范围内，以发出合闸命令。程序的总流程见图4。

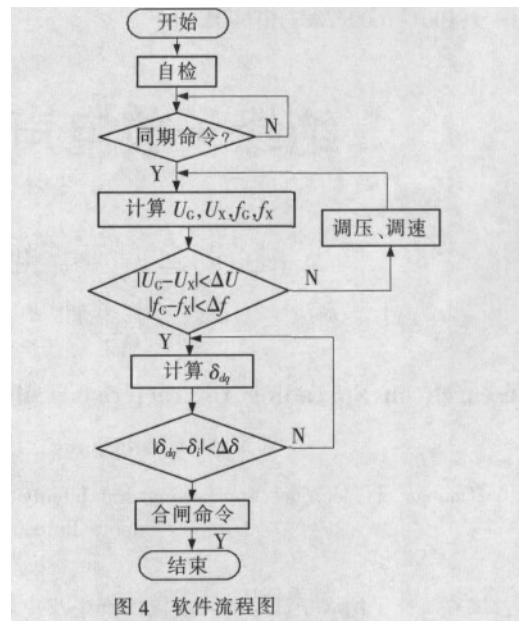


图4 软件流程图

5 实验结果

图5是利用TDS 220数字示波器得到的同期装置样机的合闸曲线。实验条件为：导前时间200ms，频差为0.12Hz；发电机和电网的线电压是100V。通道1是滑差波形，通道2是合闸波形。从图中可以看出装置可以通过预测过零点，发出2倍宽的合闸脉冲，以实现在相位差为零瞬间发电机的平滑并网。其中：通道1纵坐标每小格为100V，通道2每小格为10V，横坐标每小格为250ms。

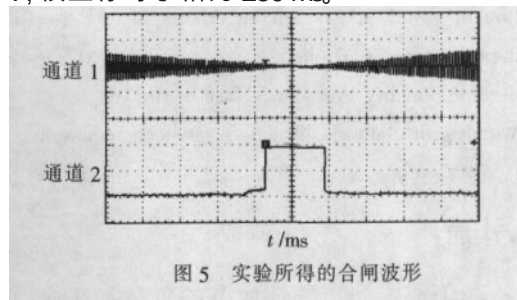


图5 实验所得的合闸波形

6 结语

介绍了一种基于电子式电压互感器的新型微机自动同期装置，输入部分使用电子式电压互感器，具有很强的抗干扰能力和很高的精度；DSP的运用使装置具有快速性；CPLD的引用为装置PCB板的设计提供便利；可准确判定合闸断路器组触头的情况，便于及时对断路器进行维修。实验证明，该装置可以适应电力计量和保护数字化、微机化和自动化发展的潮流，有很好的应用前景。

参考文献

- [1] 卓乐友，叶念国. 微型自动准同步装置的设计和应用[M]. 北京：中国电力出版社，2002.
- [2] 彭晓涛，王少荣，程时杰. 高性能微机 (下转第55页)

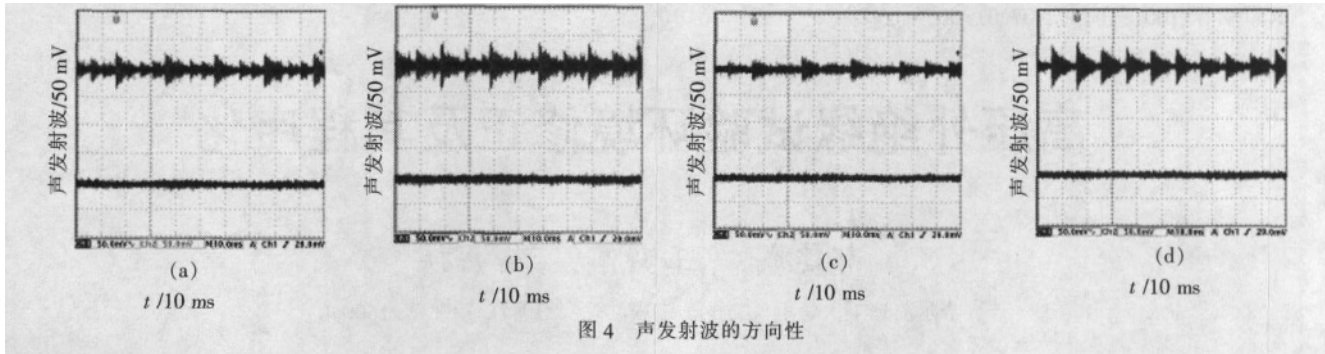


图 4 声发射波的方向性

典型的污秽放电的方向性波形见图 4, 图中分别示出了通道 1(对应传感器 1)和通道 2(对应传感器 2)的实测波形,图 4(a)示出的是在污秽绝缘子的邻近的上片绝缘子的下防污裙边上的测到的信号,图 4(b)示出的是在污秽绝缘子的下防污裙边上的测到的信号,图 4(c)示出的是探头 1 从斜上方呈 45 角对准放电源,距离 25 cm 处测得的声发射信号,图 4(d)显示的是探头 1 从水平方向呈 0 角对准放电源,距离 25 cm 处测得的声发射信号。

4 结语

在放电源处,大多数声发射信号都具有比较简单的振动和冲击特征,但在材料或结构中经多次反射、衰减以及波型转换后,其波形将发生很大畸变,它决定了绝缘子内部放电和表面放电声发射波波形间的差别,和绝缘子内部放电相比,表面放电声发射波直接经气体传播而进入传感器探头,少了内部放电声发射波传播过程中的气体-固体和固体-气体等两次界面的发射和折射,因此,表面污秽放电和电晕等声发射波具有比较简单的冲击特征,而内部放电声发射波却是一个复杂的波形。

由于声信号在空气中的传播速度较慢,只有 340 m/s,而放电的电信号传播速度极快,达到 3×10^8 m/s,由电、声信号到达的时间差,可以方便地计算出放电源到传感器之间的距离,很好地实现放电

定位,传播速度的极大差异决定了声发射法定位较电学定位的精度高得多,而声发射数字处理系统的造价较电脉冲数字处理系统的造价低得多。

声发射波快速下降的指数衰减规律,决定了检测沿空气传播的声发射波时,可检测的有效距离一般只在几米之内。

放电声发射波具有方向性,当探头正对放电源时,能够检测到的声发射信号最强,当探头偏离或远离放电源时,或探头和放电源之间有障碍物时,检测到的信号都会大大减弱。

参考文献:

- [1] 于大安. 超声检测技术讲座——超声检测的物理基础(上)[J]. 基础自动化, 1995(6): 53-57.
- [2] 于大安. 超声检测技术讲座——超声检测的物理基础(下)[J]. 基础自动化, 1996(1): 55-58.
- [3] 汪成喜. 全数字化声发射系统研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2000.
- [4] 王成江, 舒乃秋. 真空断路器真空度声学检测方法研究[J]. 三峡大学学报, 2003, 25(6): 53-55.
- [5] 马大猷, 沈 壕. 声学手册[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [6] Bengtsson T, Leijon M, Ming L. Science, Measurement and Technology[J]. IEE Proceedings, 1995: 142(1): 85-88.
- [7] Aloys O Akumu, Noboru Kawaguchi, Ryotaro Ozaki, et al. A Study of Partial Discharge Acoustic Signal Propagation in a Model Transformer [C]// Electrical International Materials, 2001: 583-586.

(上接第 51 页)

- 自动准同期装置[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(5): 75-77.
- [3] 陈小桥, 周水斌, 王先培, 等. 一种新的相位(差)算法及其在自动准同期中的应用[J]. 武汉大学学报(工学版), 2003, 36(6): 96-99.
 - [4] 李振然. 利用富里叶变换实现微机自动化准同期 [J]. 继电器, 1994(4): 35-40.
 - [5] 罗苏南, 叶妙元. 电子式互感器的研究进展 [J]. 江苏电机工程, 2003, 22(3): 51-54.
 - [6] 罗苏南, 南振乐. 基于电容分压器的电子式电压互感器的研究

- [7] 高电压技术, 2004, 30(10): 7-8.
- [7] 时德钢, 刘 晔, 张丽平, 等. 高电压等级电压互感器综述[J]. 变压器, 2003, 40(6): 11-14.
- [8] 时德钢, 刘 晔, 胡光辉, 等. 一种基于电容分压的电子式电压互感器[J]. 电力电容器, 2003(4): 1-3.
- [9] 段雄英, 廖敏夫, 邹积岩. 基于电容分压器的电子式电压互感器的研究[J]. 高电压技术, 2003, 29(1): 50-51.
- [10] 张雄伟, 曹铁勇. DSP 芯片的原理与开发应用 (第 2 版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.

欢迎投稿! 欢迎订阅! 欢迎评刊! 欢迎刊登广告!