

地电阻率观测系统稳流电源技术的发展^{*}

谭大诚¹, 张世中¹, 席继楼², 苏明达¹, 宋宝昌¹

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国地震局分析预报中心, 北京 100036)

摘要: 详尽地分析了地电阻率观测系统的供电电源的发展过程, 对几种电源的技术指标和性能作出了评价. 在对几种电源的若干技术问题进行了分析和讨论后, 指出对地电阻率观测系统的稳流电源的设计应采用高频开关电源技术. 介绍了作者设计的主电路图.

关键词: 地电阻率观测; 稳流电源; 供电设备; 高频开关电源

中图分类号: P315.62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2001)01-0082-06

0 引言

在地电阻率的观测过程中, 需要一个稳流电源向大地供电, 以建立人工电场. 地电仪所测得的人工电位差 ΔV 的稳定性与该稳流电源的输出电流密切相关. 如果稳流电源输出电流稳定性差, 则人工电位差 ΔV 将随电流的变化而变化, 从而使地电仪观测到的地电阻率数值不可靠. 本文主要讨论了稳流电源的技术改进和今后的发展方向.

1 稳流电源的发展及现状

早期的地电阻率观测系统的供电设备是用干电池、蓄电池串联而成的. 由于这种供电设备存在体积大、成本高、维护不方便和对地绝缘电阻小等缺点, 因而很快被放弃^[1]. 20世纪70年代, 兰州地震研究所研制了2A型可控硅稳流电源, 并在全国地电台站推广使用. 至今仍然有一些地电台继续使用该稳流电源.

80年代中期, 兰州地震研究所对2A型可控硅稳流电源进行了较大的技术改进, 研制了性能更好的WL-5型稳流电源. 现在还有一些地电台使用该型稳流电源. 90年代后期, 为适应地电阻率观测的需要, 对WL-5型稳流电源进行了技术改进, 研制生产了WL-5N型稳流电源. 现在, WL-5N型稳流电源以其较先进的稳流原理、成熟的电路设计、良好的整机结构、较高的稳定性和可靠性成为全国地电阻率观测的主要配套供电设备.

2 2A型可控硅稳流电源的设计与性能

2.1 工作原理

收稿日期: 2000-07-28

^{*} 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2001008

作者简介: 谭大诚(1963-), 男(汉族), 四川成都人, 高级工程师, 主要从事地电仪器研制工作.

该型稳流电源的工作原理见图 1. 可调基准电压与反映输出电流大小的取样电压作为放大器的 2 个输入信号. 放大器的实际输入电压是基准电压与取样电压的差值(即误差电压). 误差电压被放大后控制触发脉冲发生器. 触发脉冲发生器产生与电网频率同步的周期性触发脉冲. 该脉冲控制主回路中可控硅的导通. 触发脉冲的滞后时间受放大器控制. 滞后时间决定可控硅导通时间长短, 从而决定输出电流的大小. 当输出电流变大时, 取样电压变大, 放大器的实际输入电压减小, 于是其输出电压减小, 触发脉冲的滞后时间延长, 使输出电流变小; 当输出电流变小时, 其自动调节过程正相反, 最终使输出电流变大, 稳定在原来的数值上^[1].

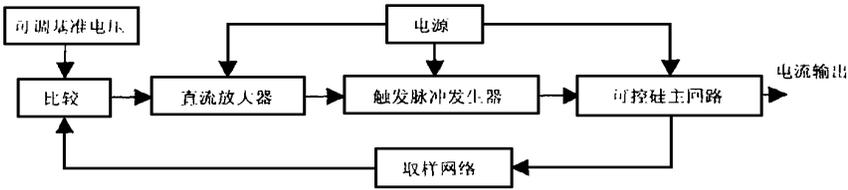


图 1 2A 型可控硅稳流电源原理框图^[3]

Fig. 1 Block diagram of principle of 2A-regulated current supply.

2.2 主要技术指标

- 输入电源电压: 180~240 V
- 输出电流范围: 0.5~2 A
- 负载电阻: 50~100 Ω
- 输出电流稳定度: 优于 1%
- 输出电流脉动系数: 小于 1%

3 WL-5 型稳流电源的设计与性能

2A 型可控硅稳流电源是将交流市电经过工频隔离变压器变压、二极管桥式整流后供电, 用可控硅整流元件作为调整开关管, 电容与电感作无源滤波器, 因此该型稳流电源实际是可控整流型开关稳流电源. 开关电源的特点之一是效率高, 而线性电源具有输出电流稳定的特点, 因此在 2A 可控整流型开关稳流电源的主回路中加入线性稳流方法, 组成开关和线性 2 种稳流措施并存的方案, 可达到 2 种稳流措施相互取长补短的效果. 这就是 WL-5 型稳流电源的原理(图 2).

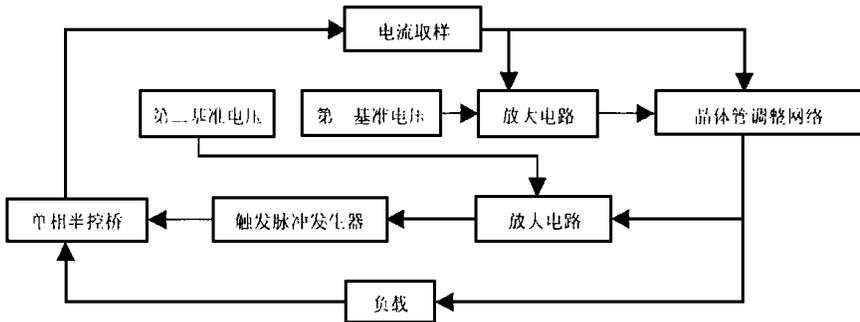


图 2 WL-5 型稳流电源原理框图

Fig. 2 Block diagram of principle of WL-5 regulated current supply.

3.1 工作原理

交流市电经过可控硅桥式半控整流后转化成单向脉动直流电压. 该直流电压经过滤波后成为较稳定的直流电, 再经过晶体管网络电路线性调整后变成平稳的直流电流输送给负载. 其实质就是利用可控硅桥式半控整流进行第一级调整, 利用晶体管网络电路进行第二级调整. 其它主要改进是将单可控硅控制改为单相半控桥控制, 提高了控制的可靠性; 采用了高性能的电压基准, 减小了输出电流的漂移²⁾.

3.2 主要技术指标

输入电源电压: 180~240 V

输出电流范围: 0.5~2.5 A

负载电阻: 40~80 Ω

输出电流稳定度: 优于 0.5 %

输出电流脉动系数: 小于 0.5 %

经过在全国各地电台站十余年的运行, 证明 WL-5 型稳流电源的总体性能是较好的.

4 WL-5N 型稳流电源

“九五”期间, 为配合 ZD8B 地电仪对稳流电源的更高要求, 对 WL-5 型稳流电源又进行了改进, 制作了 WL-5N 型稳流电源. 主要改进措施如下:

(1) 用晶体管网络取代稳压二极管来获得与电网频率同步的周期性梯形波电压(该周期性梯形波电压使控制可控硅导通的触发脉冲具有相同的周期性). 这样既取消了电路中主要的发热元件, 又使得该部分电路输出的同步梯形波的前后沿更陡直, 提高了可控硅触发导通的可靠性.

(2) 对控制电路中部分电路参数进行了更合理的调整. 如将晶体管线性调整后的积分控制时间适当延长, 使得整机工作性能更稳定, 减小了输出电流振荡的可能性.

(3) 将主电路由原来的分散结构改为制作在一块电路板上. 这使得机内布局、结构更简捷、合理, 有利于减小机内的电磁干扰, 极大方便了生产和维护.

(4) 改进了工频变压器和扼流圈的结构, 提高了其制作工艺水平. 这样, 一方面使之更便于安装和拆卸, 另一方面使得变压器的绝缘性和隔离性更好、扼流圈的电感量更稳定, 从而提高了整机性能.

经过上述几方面的改进, WL-5N 型输出电流中噪声干扰比 WL-5 型有较明显的减少. 图 3 为 2 种稳流电源在输出电流为 2 A、负载为 80 Ω 时, 从 0.1 Ω 标准电阻上取样的电压波形图. 由图可见, WL-5 型的噪声干扰是明显的, 其峰值一般可达 10 mV 以上, 这是可控硅导通瞬间产生的高频开关干扰噪声.

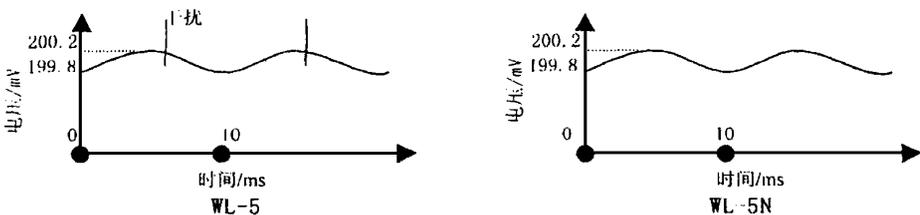


图 3 WL-5 型和 WL-5N 型电源输出电压波形

Fig. 3 Output voltage wave form of WL-5 and WL-5N supplies.

5 高频开关稳流电源的开发

WL-5 型和 WL-5N 型的稳流原理是以可控硅开关调节作为第一级粗调, 以晶体管网络作为第二级线性精调. 因此其不足之处主要在于第一级开关调节使用了可控硅作为调整元件, 其开关频率只有 100 Hz, 这导致输出滤波扼流圈体积、重量过大, 整机功率因素只在 50% 左右. 此外考虑到地电阻率观测对稳流电源输出功率和隔离性的特殊要求, 在交流电输入端接有大功率的线性隔离变压器, 这又进一步增加了其体积和重量.

目前, 开关电源技术已有了很大发展, 使用可控硅作开关元件已很少, 大多采用双极晶体管、金属氧化物场效应管 (MOSFET) 和绝缘栅双极晶体管 (IGBT), 这些开关管的开关频率很容易达到 20 kHz, 甚至 200 kHz 以上^[3]. 这样, 电路中使用的变压器、扼流圈的体积、重量就大为减小, 输出电流的纹波也更小, 整机的效率一般也较高. 各种开关电源的脉冲调频、调宽控制器已集成化, 如脉宽调制型 (PWM) 中有 TL494、SG3524、SG3525A 等集成控制器, 利用这些集成控制器使得开关元件所需的脉冲调宽变得可靠、方便. 同时, 利用它们的某些特殊性能, 可解决现在的稳流电源的一些不足之处, 如用 SG3525A 的软启动功能能较容易地解决 WL-5N 型输出电流的过冲现象; 结合输出电流、电压取样, 使用关闭控制功能可使稳流电源具有可调节的过流、过压保护功能等.

5.1 高频开关电源工作原理

开关电源一般可分为隔离式和非隔离式 2 种. 在地电阻率观测中必须使用隔离式开关电源. 无论是稳流还是稳压开关电源, 其原理基本是相同的, 可用图 4 来表示.

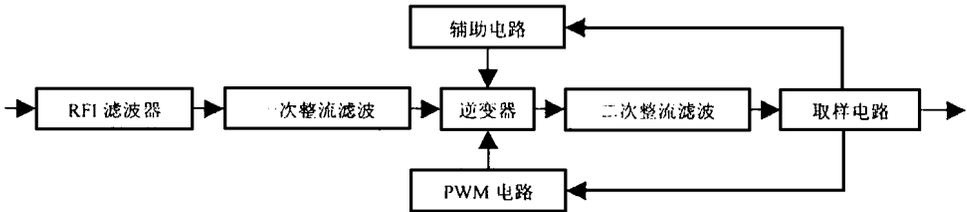


图 4 高频开关电源原理框图

Fig. 4 Block diagram of principle of high frequency switching power supply.

射频干扰 (RFI) 滤波器的作用是衰减来源于交流电网的高频串模、共模干扰和开关电源反馈对交流电网的高频开关干扰噪声; 一次整流滤波将交流电转变成含有一定脉动电压成分的直流电压; 逆变器是开关电源的核心, 将脉动直流电压转变成高频脉冲交流电压; 二次整流滤波则将高频脉冲交流电压整流平滑成平稳的直流电压; PWM 电路是脉冲宽度调制控制电路. 它通过电流或电压的取样与基准电压比较进而控制开关元件的导通占空比, 从而控制和调节电源设备输出电流或电压的大小; 辅助电路的作用是当电源设备输出出现过流、过压等现象时进行自动保护的功能.

5.2 高频开关稳流电源主回路设计

将高频开关电源技术用于设计制作与地电仪配套的稳流电源, 应考虑地电阻率观测中以下特殊情况及要求:

(1) 负载: 由于各省局的地电台和地方地电台的台址地质结构存在差异, 观测网线路质量存在差异, 因此, 要求稳流电源具备较强的负载能力.

(2) 电流: 为适应各地电台的台址地质结构、干扰背景和观测系统结构上的差异, 要求稳流电源输出电流的可调范围要大, 静态和动态稳定性要高, 过冲、纹波和干扰噪声要小.

DEVELOPMENT OF TECHNIQUE OF REGULATED CURRENT SUPPLY IN EARTH RESISTIVITY MEASURING SYSTEM

TAN Da-cheng¹, ZHANG Shi-zhong¹, XI Ji-lou², SU Ming-da¹, SONG Bao-chang¹

(1. *Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China;*

2. *Center for Analysis and Prediction, CSB, Beijing 100036, China*)

Abstract: A detailed analysis on development process of regulated current supplies in earth resistivity measuring system is made. Technical indices and function of 2A, WL-5 and WL-5N regulated current supplies are evaluated. Detailed analysis and discussion on some technical problems in further development of the supplies are made. It is believed that the technique of high frequency switching supply ought to be applied in design of regulated current supply for measurement of earth resistivity. A main circuit of high frequency switching regulated current supply is given.

Key words: Earth resistivity measurement; Regulated current supply; Equipment of supply; High frequency switching supply