

【引用格式】李丰谍, 李富安, 沈皓, 等. 舰船磁场测量磁通门测磁仪电源电路设计改进[J]. 数字海洋与水下攻防, 2022, 5(6): 587-591.

舰船磁场测量磁通门测磁仪电源电路设计改进

李丰谍, 李富安, 沈皓, 黄卫*, 毋金科, 黄华俊, 刘乐
(中国人民解放军 92557 部队, 广东 广州 510000)

摘要 所述型号磁通门测磁仪常用于舰船磁场测量和其它物体磁场测量, 由于其供电电源电路复杂, 存在体积较大、电池容量小的不足。针对上述问题, 通过对其电源电路的充、放电部分及电池组进行设计和改进, 使其体积减小, 外场使用方便, 能快速及时地维修和更换, 提高了仪器集成度、整体性能以及舰船磁场测量的稳定性和效率。

关键词 舰船磁场测量; 测磁仪; 电路设计

中图分类号 TM936

文献标识码 A

文章编号 2096-5753(2022)06-0587-05

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2022.06.015

Improvement of Fluxgate Magnetometer Power Circuit Redesign for Ship Magnetic Field Measurement

LI Fengxie, LI Fuan, SHEN Hao, HUANG Wei, WU Jinke, HUANG Huajun, LIU Le
(No. 92557 Unit of PLA, Guangzhou 510000, China)

Abstract The fluxgate magnetometer described in this paper has been widely used to measure ship magnetic fields and other objects. Due to the complexity of its power supply circuit, there are some shortcomings such as large volume and small battery capacity. Aiming at the above problems, the charging and discharging parts of the power supply circuit and the battery capacity have been redesigned and improved, which can reduce the volume and make it convenient to use in the outfield. Besides, it can also be maintained and replaced quickly and timely, and the integration and overall performance of the instrument, and the stability and efficiency of the ship magnetic field measurement have been improved.

Key words ship magnetic field measurement, magnetometer, circuit redesign

0 引言

舰船磁场的测量技术在二战后引起了世界各国的广泛关注, 这使得舰船磁场方面的研究成果不断地涌现。基于磁通门原理的测磁仪大量使用在各型舰船的磁场测量工作中, 其具备测量准确、可靠性高等优点, 该型测磁仪由控制设备、测磁传感器、

便携式供电电源、联接电缆 4 部分组成^[1], 主要用来测量舰船磁场的垂向分量和地磁场大小^[2]。随着电子技术的发展和测量环境的变化, 测磁仪电源电路结构需要进行优化设计, 部分元器件需要更新换代, 通过进一步的设计和优化能高效做到快速及时地维修和更换、减小电源体积和重量, 以便提高舰船磁场测量的效率。

收稿日期: 2022-05-12

作者简介: 李丰谍 (1995-), 男, 助理工程师, 主要从事舰船消磁研究。

*通信作者: 黄卫 (1989-), 男, 工程师, 主要从事舰船消磁研究。

现有传统的测磁仪电源电路复杂,使得存在体积大、电池容量小等缺点。本文首先在分析电源电路充放电以及电池组部分的缺点基础上,将充电部分中 SUCCESS 型小型全密闭蓄电池改为聚合物锂电池,变压器及整流桥改为开关电源模块,放电部分由原来仅有的 1 级稳压改进为采用 2 级稳压。

1 测磁仪电源电路分析

1.1 电源电路的原理

为磁通门测磁仪提供电源输出的是便携式电

源,是一个独立的电源箱。内置 $4\text{ A}\cdot\text{h}$ 可充电式电池,电压为 $\pm 12\text{ V}$,满电情况下正常工作时间不小于 8 h ,充电电压 $\text{AC}220\text{ V}$,频率 50 Hz ,功率 26 W ,重量 7 kg ,体积 $520\text{ mm}\times 320\text{ mm}\times 200\text{ mm}^{[3]}$ 。其电路图和实物如图 1-2 所示。

电源电路分为充电部分、电池组及放电部分。电路原理分析如下。

1) 充电部分由市电 220 V 供电,经由变压器降压、全波整流桥和限流电路后给电池组进行充电。控制及显示电路主要是防止电源过充、短路保护并显示实时电压,如图 3 所示。

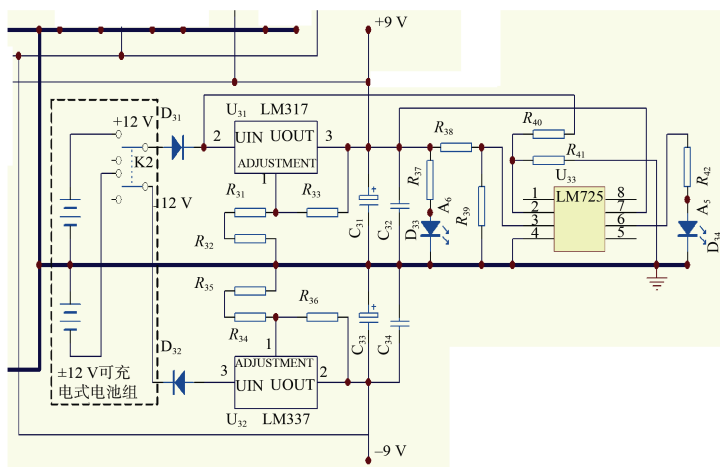


图 1 测磁仪便携式电源电路图

Fig. 1 Schematic diagram of magnetometer's portable power circuit

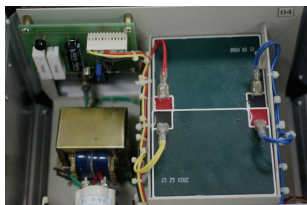


图 2 测磁仪便携式电源实物图

Fig. 2 Real picture of magnetometer's portable power supply

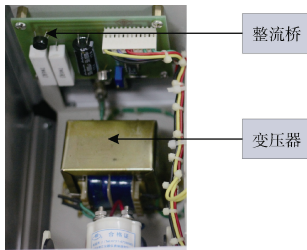


图 3 充电电路实物

Fig. 3 Real picture of charging circuit

2) 供电部分由电池组经可调式三端集成稳压器 LM317 构成的稳压电路,输出为 $\pm 9\text{ V}$,给仪器各部分供电。当仪器接通时,发光二极管 D_{33} 发绿色光,当电池组有足够的电压时,比较器 U_{33} 输出低电平,仪器正常工作;当电池组电压较低时, U_{33} 输出高电平,发光二极管 D_{34} 发出红色光提示。

1.2 电源电路的缺点分析

1) 电源电路占用体积过大,使用时散热效果不好,导致元器件长时间处于高温的环境下,影响元器件的精确度、稳定性,输出功率减小,甚至造成电子零件损坏。

2) 电池组采用 SUCCESS 型小型全密闭蓄电池,体积较大,容量仅为 $4\text{ A}\cdot\text{h}$ 。使用寿命较短、电量衰减率高,不能重复使用和提供持久稳定的电

力供应。

3) 在实际使用中, 电压比较器有些情况下不能准确地指示电源电压。这是因为放电部分只经过一级稳压, 且由于 LM317 正常工作时输入输出端至少有 3 V 的电压差, 所以当电源电压过低时, 输出电压不能稳定在 9 V。这时, 仪器虽然在工作, 但误差较大, 影响测量结果。

2 测磁仪电源电路改进设计及测试

2.1 改进后电源电路的原理

根据设计思路, 经过多次修改, 设计出改进后的电源原理框图和具体电路, 如图 4-5 所示。

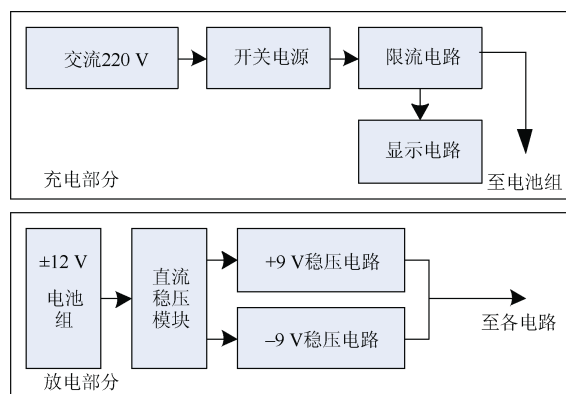


图 4 改进后电源原理框图

Fig. 4 Principle block diagram of improved power supply

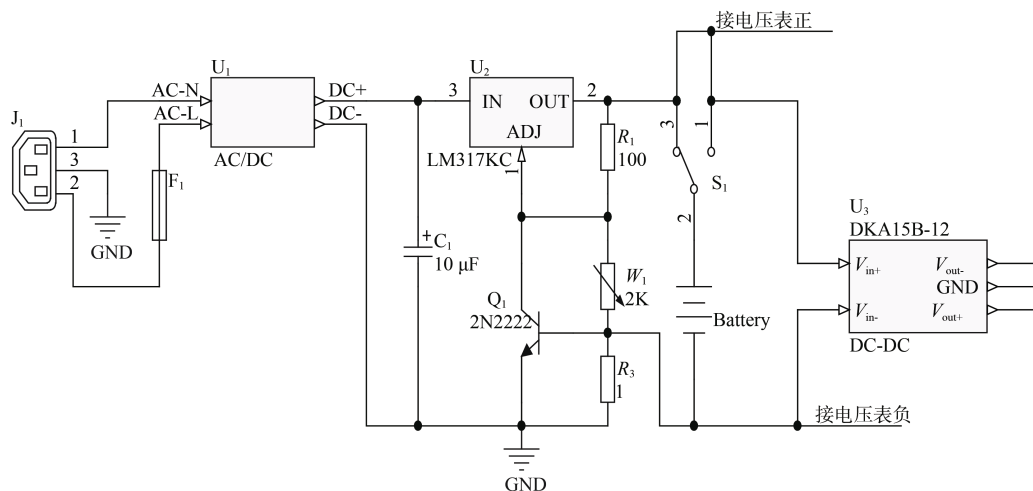


图 5 改进后电源电路图

Fig. 5 Schematic diagram of improved power circuit

1) 充电部分由市电 220 V 供电, 经由开关电源模块和 LM317 充电限流电路给电池组进行充电。

① J_1 为市电接口, 通过电源线将交流 220 V 市电接入电路, 经保险丝 F_1 给开关电源模块 U_1 供电, 开关电源输出纹波较小的直流电, 进入三端集成稳压器 LM317 构成的限流充电电路。

② 查询 LM317 数据手册可知, 充电电路输出电压为 $U_0 = 1.25(1 + \frac{W_1}{R_1})$ [4], 本电路中 R_1 取 100 Ω , W_1 取 2 k Ω 的电位器, 可以方便地调节输出电压至锂电池最大充电电压 25.2 V。

③ 由于 LM317 工作时输入输出两端至少有 3 V 的电压差, 故开关电源模块输出电压至少调节到 28.2 V。

④ S_1 是一个双向开关, 当开关 S_1 向触点 3 点接通时, 电路进行充电 [5]。 R_3 为 1 Ω 限流电阻, Q_1 导通电压为 0.6 V。故当充电电流大于 0.6 A 时 Q_1 导通, 将充电电流控制在 0.6 A 以下。

2) 供电部分由聚合物电池组分别经 DKA15B-12 型 15WDC-DC 稳压模块、LM317 与 LM337 构成的 ± 9 V 稳压电路仪器给各部分供电。

当开关 S_1 与触点 2 接触时, 锂电池放电。 U_3 是一款 DC-DC 模块, 该模块在输入为 18 ~ 36 V 的情况下输出稳定在 ± 12 V。 U_3 输出的 ± 12 V 再经稳压电路给仪器供给 ± 9 V 的电压, 仪器正常工作。

2.2 改进后电源电路测试

在对电路的原理、功能进行了充分论证后, 对

实际的电源电路进行性能指标测试,实验设备连接框图和设备连接图如图 6-7 所示。

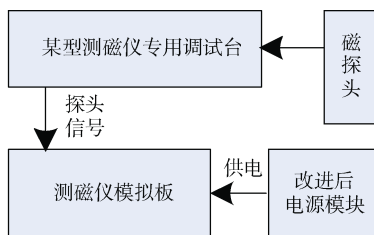


图 6 电源模块测试实验连接框图

Fig. 6 Connection block diagram of power module test



图 7 测试实验设备连接图

Fig. 7 Connection diagram of test experiment device

具体方法: 1) 将原测磁仪模拟板拆下后连接到配套的测磁仪专用调试台上; 2) 将磁探头连接至专用调试台上, 使模拟板能够输出一个和磁场大小有关的信号; 3) 切断调试台与模拟板之间的电压供应; 4) 将改进后的电源模块接入模拟板电源供应口; 5) 打开调试台开关和改进后电源模块供电开关, 测量电源两端输出电压以及模拟板输出电压。

经过实验我们发现改进后的电源电路能稳定地给测磁仪供电。在充电电流为 0.6 A 左右的情况下, 锂电池充电时间大约为 10 h, 且输出电压稳定, 不影响仪器精度。

2.3 改进后电源电路的优点分析

1) 将变压器及整流桥改为开关电源模块, 如图 8 所示, 其尺寸为 127 mm × 76 mm × 28 mm, 重量仅为 200 g。选用单体电压为 3.7 ~ 4.2 V 的 6 A · h 锂电池, 6 节串联, 电池组电压达到 22.2 ~ 25.2 V, 体积约为原蓄电池的 1/2。不仅减小了体积, 解决了携带不便的问题, 而且在对电池组进行充电时充电电压更稳定。

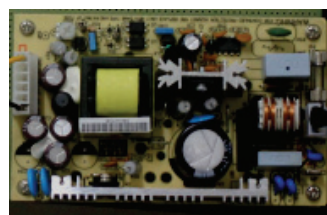


图 8 开关电源实物

Fig. 8 Real picture of switching power supply

2) 采用 LM317 构成涓流充电限流电路, 具有形式简单、输出电压可调、调压范围宽、稳压性能好、噪声低、纹波抑制比高等优点^[6], 且能提供超过 1.5 A 的电流。采用其构成的涓流充电限流电路, 发热少, 不会过充, 对电池寿命影响小。

3) SUCCESS 型小型全密闭蓄电池改为聚合物锂电池, 自放电率小、寿命长、能量密度大、安全性能高, 长时间不使用的情况下能量损失很小^[7]。

4) 电池放电电路采用两级稳压。第 1 级采用 DKA15B-12 型 15WDC-DC 稳压模块^[8], 其体积为 50.8 mm × 25.4 mm × 11.27 mm, 该模块在输入 18 ~ 36 V 的条件下输出固定为 ±12 V, 如图 9 所示。第 2 级采用 LM317 与 LM337 构成的 ±9 V 电路, 采用这种模式后, 当电池组电压高于 18 V 时由于 1 级稳压的存在, 电源始终能以 ±12 V 的稳定电压输出, 不影响 2 级稳压的输出。当电池组电压低于 18 V 时便自动断电, 不存在欠压工作情况, 进而提高了测磁仪的稳定性。单次充电后, 仪器可以使用时间更长。

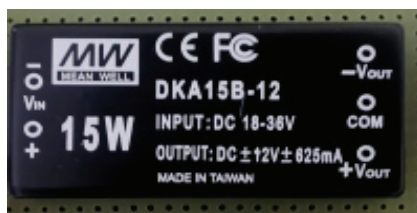


图 9 DC-DC 稳压模块实物

Fig. 9 Real picture of DC-DC voltage regulator module

5) 改进后的供电电源元器件数量减少一半以上, 电路更加精简, 充电时散热性能更好, 可将其装入测磁仪控制台, 而不影响测磁仪其它部分电路正常工作, 解决了操作繁琐的问题。改进前后电池

组、电源模块对比如图 10-11 所示。

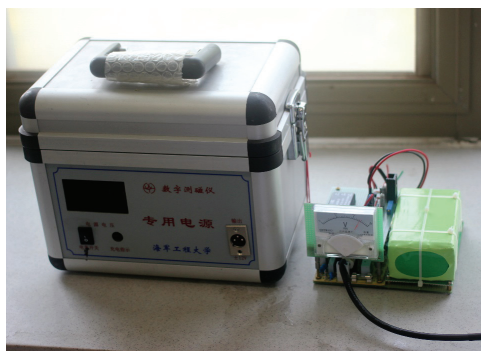


图 10 改进前的电池组和电源模块
Fig. 10 Battery pack and power module before improvement

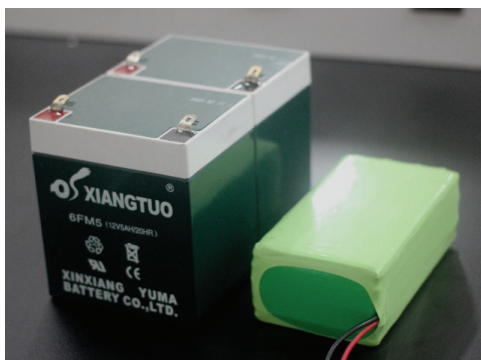


图 11 改进后的电池组和电源模块
Fig. 11 Battery pack and power module after improvement

3 结束语

通过对现有磁通门测磁仪供电电路的分析, 针对存在的问题, 对电路进行改进, 解决了电路复杂、体积大、电池容量小等问题, 提高了仪器集成度和整体性能, 尤其在水下和空中作业时方便携带, 在舰艇磁场的测量中更加快捷、方便。

参考文献

- [1] 洪泽宏, 高俊吉. 测磁设备维修与调试[M]. 武汉: 海军工程大学, 2015.
- [2] 高俊吉, 刘大明, 洪泽宏. 舰艇磁场测量技术与设备[M]. 武汉: 海军工程大学, 2014.
- [3] 高俊基. 某型便携式数字测磁仪技术规格书[M]. 武汉: 海军工程大学, 2014.
- [4] 王渊峰, 戴旭辉. Altium Designer 10 电路设计标准教程[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [5] 高双, 翟琳. 数字式磁通门磁强计设计[M]. 上海: 上海海事大学, 2011.
- [6] 李小珉, 潘强, 叶晓慧. 电子技术基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [7] 姚振宁, 刘胜道, 杨明明. 基于 ARM 的三端式磁通门传感器[M]. 武汉: 海军工程大学, 2011.
- [8] 周行平. 全数字磁通门的设计与实现[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.

(责任编辑: 曹晓霖)