

文章编号: 1004-7271(2000)03-0280-04

·研究简报·

多功能电渔法实验电源设计及验证

Design and verification of multi-function experiment power supply for electrofishing

王国强¹, 楼文高²

(1. 上海水产大学食品学院, 上海 200090; 2. 上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

WANG Guo-qiang¹, LOU Wen-gao²

(1. College of Food Science, SFU, Shanghai 200090, China; 2. Ocean College, SFU, Shanghai 200090, China)

关键词: 多功能; 电渔法; 不确定度

Key words: multi-function; electrofishing; uncertainty

中图分类号: S973.5 文献标识码: A

电渔法在鱼类捕捞学中是一种先进渔法。其目的是针对鱼类在水中电场的多种反应, 采取特殊的渔具和方法, 更好地利用渔业资源^[1]。然而, 实际应用时, 只有合理选择机具和确定有关电参数, 才能在电捕、驱、拦等生产实践中既产生经济效益, 又相对地保护资源和节约能源。当然, 达到这样的水平, 需要有关电渔的基础试验和一定的实践经验。多功能电渔法实验电源(以下简称电源)为研究鱼类与水中不同电场的关系及行为的电参数等电渔法基础试验提供了有效的硬件设备。设计的电源具有以下特点: 功能多, 一机集直流、交流、脉冲多种电源形式; 脉冲电源的输出采用开关电路形式, 恒压源输出, 效率高; 预设电源输出时间功能, 既便于试验, 又相对省电和安全。

1 主要性能参数

输入电压 交流 $220 \pm 10\%V$, 50Hz

输出电压

电压形式 直流、交流、脉冲(矩形、指数、1/4 正弦)

电压幅度 0~220V 连续可调

脉冲频率 1~100Hz 可调

矩形波占空比 0.1~0.9 可调

指数波脉宽 0.2~3.0 ms 可调

定时时间 0.5~60 s 可调

最大输出功率 800W

负载性能 阻性

收稿日期: 2000-03-06

作者简介: 王国强(1957-), 男, 浙江海盐人, 学士学位, 从事产品质量检验工作。

2 工作原理

图1为本电源总结构框图。220V交流电源,由调压器调幅后,分支三路。一路通过选择控制电路,作为交流实验电源输出;另路经1/4正弦电路,由可控硅调制成1/4正弦波;一路到直流主电源电路,经整流、滤波成直流源。既作直流输出,又为脉冲电源的主电源。矩形波电路产生标准的矩形波,作为脉冲电源的信号源。一路经功放开关电路后,为矩形波输出电源;另路由微分电路处理后,再经功放即为指数波。不同电源形式输出切换由选择控制电路完成。定时电路和输出电路有时间继电器和接触器电路组成,完成定时输出功能。

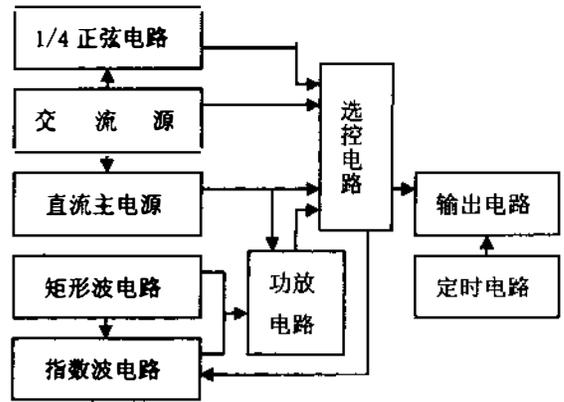


图1 多功能电渔法实验电源总结构框图
Fig.1 Multi-function experiment power supply for electrofishing block diagram

3 主要设计

3.1 矩形波电路的设计

用555时基集成电路组成RC自激多谐振荡器,作为矩形波发生电路,如图2所示。

$$\text{矩形波周期 } T = 0.693RC$$

$$\text{占空比 } D = R_2/R \text{ (其中 } R = R_1 + R_2 \text{)}^{[2]}$$

实际设计时,可设定总电阻R值和占空比,根据脉冲频率的设计值,计算出电容值和充放电电阻值。公式如下:

$$C = 1/0.693Rf$$

$$R_1 = R - R_2$$

$$R_2 = DR$$

3.2 功放电路的设计

功放基本电路如图3所示。

E_c 为直流电源(0~200V可调)。 R_f 负载电极阻抗。BG高压电源开关管。 D_3 二极管,反向隔离保护,正向抗干扰提高。 R_3 偏置电阻,将前级电压信号转换成电流,注入功率管基极。 V_i 为矩形或指数波输入。 V_o 为输出电压。

从电路形式看似甲类功放电路。然而,本电源在实际使用中,输出电源的幅度要求可变,负载电阻的大小也随电极配置而变。若让BG管工作在放大区域,则会给电路的设计带来复杂化。第一,偏置电阻 R_3 要随 E_c 、 R_f 的改变而改变。第二,电源的输出效率受静态管耗影响而下降。经实际试验,将BG管的工作设计在开关状态, V_o 不仅在波形上能适合电渔法电源的要求,而且具有恒压源输出特性,提高电源输出效率。 R_3 值的确定为设计关键。因为它既要保证矩形波输入时,BG管可靠工作在开关状态,又要使指数波输入时,尖顶失真尽量减小。简介于下:

若选用硅管,设正向结压0.7V,饱和导通管压0.3V, β 为电流放大倍数。

$$I_b = (V_i - 2 \times 0.7)/R_3$$

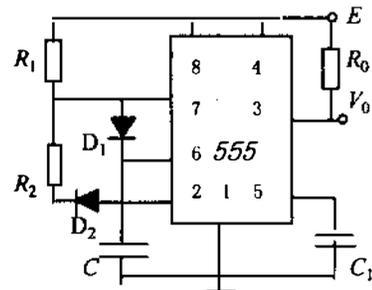


图2 矩形波电路
Fig.2 Square wave circuit

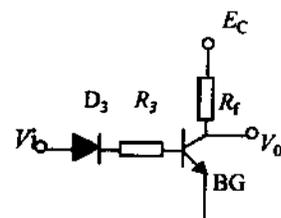


图3 功放基本电路
Fig.3 Basic circuit of power amplifier

$$I_c = (E_c - 0.3)/R_f$$

$$I_b \geq I_c/\beta$$

$$\text{整理得: } R_3 \leq \beta R_f(V_i - 1.4)/(E_c - 0.3) \tag{1}$$

另考虑前级最大输出电流 I_i (如 TTL555 电路为 100mA)

$$I_i > (V_i - 2 \times 0.7)/R_3 \tag{2}$$

由(1)(2)式得 $(V_i - 1.4)/I_i < R_3 \leq \beta R_f(V_i - 1.4)/(E_c - 0.3)$ 为偏置电阻 R_3 选择范围。

3.3 输出电路的设计

为使各种电源形式经选择控制电路后,能可靠地定时输出,专门设计的输出电路如图4所示。按 QA 启动后, ZJ3、ZJ4、ZJ5 触点闭合, ZJ1、ZJ2 触点断开, S5、S6 输出电源。同时,时间继电器工作,至预定时间值时,因 SJ 断开,全部触点复位,故 S5、S6 无输出。在实际使用中, S5、S6 接水槽内电极负载, S3、S4 接水槽外(可调)等效负载,以便试验前的电源参数调节而不影响水槽内待试鱼。

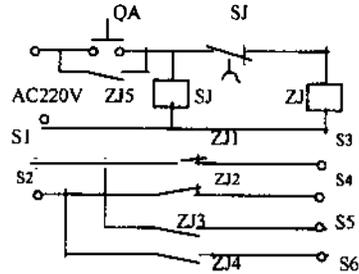


图4 输出电路
Fig.4 Output circuit

4 不确定度估算及实例验证

示值不确定度 (uncertainty) 关系到本电源获得试验数值准确性。电源幅值的示值准确度由标准电压表精度给定。现用 ISO《测量不确定度表达导则》^[3] 要求的方法估算脉冲频率示值的不确定度, 并从样机实测进行验证。

4.1 脉冲频率不确定度估算

本电源这部分误差的来源, 主要与构成振荡的时基电路, RC 器件及温度、电压波动有关。参见图 2, 分析于下。

4.1.1 RC 振荡器件引起的误差

由器件振荡频率公式 $f = 1/0.693 CR$ 得

$$\Delta f = 1.44 \left[\partial \frac{(1/CR)}{\partial C} \Delta C + \partial \frac{(1/CR)}{\partial R} \Delta R \right]$$

$$u_1 = \Delta f/f = -\Delta C/C - \Delta R/R \leq |\Delta C/C| + |\Delta R/R|$$

u_1 为 RC 振荡器件的相对不确定度分量。取 0.1% 精密电阻和 0.5% 电容, $u_1 = 0.6%$ 。RC 元件的温度系数一般为 $10^{-6}/^\circ\text{C}$ 量级, 故此忽略。

二极管 (D1、D2) 正向导通电阻设为 ΔR ,

$$\Delta f = 1/0.693 [1/(R + \Delta R) - 1/R]$$

$$\Delta f/f = \Delta R/(R + \Delta R)$$

当 R 选在 MΩ 级情况下, 该项误差才可忽略。

4.1.2 555 时基电路的误差

定时不确定度 $u_2 = 1%$, 参照文献 [4]。

温度漂移 0.005%/°C, 该项不确定度分量 $u_3 = 0.005\% \times 30 = 0.15\% \approx 0.2\%$

电压漂移 0.01%/V

若由集成稳压器 SW7812 提供时基电路电源 E, 计算得市电波动 10%, $\Delta E = 0.07\text{V}$, 则电压波动影响 $u_4 = 0.07 \times 0.01\% = 0.0007\% \approx 0$ 。

4.1.3 合成计算

因为各分量都独立 (自由度取 1), 所以相对合成不确定度^[5] $\mu_c = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_3^2} \approx 1.2\%$

4.2 频率误差实测验证

用频率计(E312型),精度为 $(2 \times 10^{-7}/24\text{H}) \pm 1$ 字,环境温度为 23°C 条件下,对本电源的脉冲频率值进行测量(表1)。

表1 频率实测值及绝对误差

Tab.1 The frequency indication of a measuring instrument and absolute error

设计值 Y	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
测量值 y	1.0	2.0	2.9	4.0	4.8	5.9	6.9	8.1	9.2
绝对误差 ΔY	0	0	-0.1	0	-0.2	-0.1	-0.1	0.1	0.2
设计值 Y	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
测量值 y	10.0	19.6	29.7	39.9	49.1	59.5	69.2	79.1	90.8
绝对误差 ΔY	0	-0.4	-0.3	-0.1	-0.9	-0.5	-0.8	-0.9	0.8

表1给出了个位与十位两组频率值的设计值、测量值和绝对误差(因为1~100之间其他频率值,是通过两组电容器的任一串联组成,故误差为对应项的代数合成。)

本电源频率最大示值误差 $\Delta = -0.9 - 0.2 = -1.1$

引用误差 $\gamma = \pm 100 |\Delta| / X_n \% = \pm 100 \times 1.1 / (100 - 1) \% = \pm 1.1\%$,参照文献[6]计算。

$|\Delta|$ 为全量程范围内最大示值误差的模, X_n 为仪器量程。

实测验证了频率示值不确定度估算。频率误差主要由时基电路精度和RC元件确定。改善该指标的有效措施是调整测量法中绝对误差较大的电容电阻元件。

5 结语

本设计及示值不确定度估算已从研制的样机得到验证。电源用作学校《鱼类行为学》课程有关教学实验外,为“电击对鱼体椎骨损伤影响”和“作用强度与鱼种昏、醒恢复时间”等科研提供了统计数据。若在实用基础上,对整机作出优化改进,无疑将是电渔法试验专用仪器研制方面的一种补缺。

参考文献:

- [1] 钟为国. 电渔法基本原理讲座[J]. 海洋渔业, 1979, (7): 22 - 26.
- [2] 郝鸿安. 555集成电路实用电路集[M]. 上海: 上海科学普及出版社, 1993. 244 - 263.
- [3] 李慎安, 李光仁. 测量不确定与检测辞典[M]. 北京: 中国计量出版社, 1996. 22 - 25.
- [4] 郝鸿安. 555集成电路实用电路集[M]. 上海: 上海科学普及出版社, 1993. 246.
- [5] 刘智敏, 陈坤尧, 翁怀真, 等. 测量不确定度手册[M]. 北京: 中国计量出版社, 1997. 10 - 12.
- [6] 李慎安. 测量结果不确定度的估计与表达[M]. 北京: 中国计量出版社, 1997. 11 - 18.