

实验一 三端变阻器

实验报告

姓名：彭程

学号：2020011075

班级：自 02

日期：2021 年 3 月 12 日

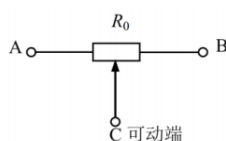
1. 实验目的

- (1) 三端变阻器的调节特性为例，了解在使用变阻器时如何进行综合考虑；
- (2) 用实验的方法研究三端变阻器的分压特性；
- (3) 学习分析和处理实验数据的方法；
- (4) 学习画实验曲线。

2. 实验说明

(1) 三端变阻器的技术规格

a. 三端变阻器的电路符号



b. 三端变阻器的技术规格

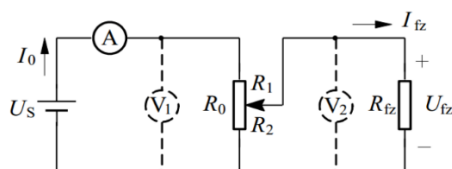
- ◆ 阻值 R_0
- ◆ 电流容量 I_0 或允许功率 P_0
- ◆ 三者关系：

$$I_0^2 R_0 = P_0 \quad \text{或} \quad I_0 = \sqrt{\frac{P_0}{R_0}}$$

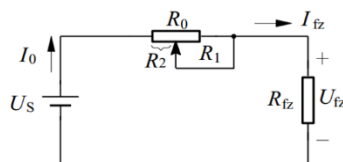
(2) 单端变阻器的联接方式

a. 电压源

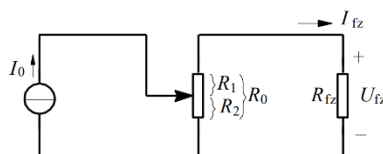
- ◆ 分压器式(三端接法)



- ◆ 变阻器式



b. 电流源



$$I_{fz} = \frac{R_2}{R_{fz} + R_0} I_0$$

(3) 分压式接法的技术要求

◆ R_{fz} 上的电压为:

$$U_{fz} = \frac{R_{fz}R_2}{R_0(R_2 + R_{fz}) - R_2^2} U_s$$

仅当 $R_2 \rightarrow \infty$ 时, U_{fz} 随 R_2 的改变作线性变化。

◆ 电源电流 I_0 为:

$$I_0 = \frac{R_{fz} + R_2}{R_0(R_2 + R_{fz}) - R_2^2} U_s$$

◆ 选择三端变阻器的技术要求:

- R_0 和 R_{fz} 阻值配置不恰当时, 会发生变阻器可移动端在某些位置上移动一点时, U_{fz} 变化很大, 甚至电压很难调准, 应当避免这种情况。
- 变阻器要经济耐用, 电阻器的任何部分在任何情况下所通过的电流都不超过允许值。
- 接入分压电阻 R_0 后, 电源增加了不流经负载的额外电流, 故电源输出的电流应当比较小, 故 R_0 应当选的大一些。

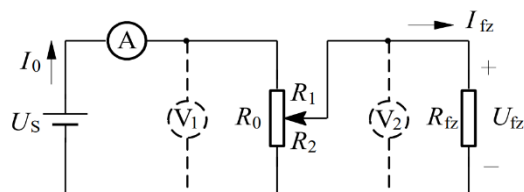
3. 实验电路

3.1 分压器式(三端接法)

参数: $R_0 = 10 \times 100\Omega$

$U_s = 2V$

$R_{fz} = 100\Omega$, $P_{\text{额}} = 1W$



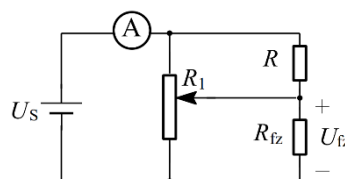
3.2 改进电路

参数: $R_0 = 10 \times 100\Omega$

$U_s = 2V$

$R_{fz} = 100\Omega$, $P_{\text{额}} = 1W$

$R = 100\Omega$



4. 注意事项

- 必须看清变阻器的固定端、可动端。
- 接线时, 电源应该接在两个固定端之间, 切勿接错线路导致电源被短路而烧毁。
- 注意保证变阻器两固定端之间的电压为 $2V$ 不变

5. 实验任务

5.1 预习计算

要求分压器中每档最大电流均不超过允许值，则只需要当干路电流最大时，即通过 R_1 部分的电流不超过允许值即可。根据欧姆定律列写干路电流的方程可得：

$$I_0 = \frac{U_s}{R_1 + \frac{R_{fz}R_2}{R_{fz} + R_2}} = \frac{U_s(R_{fz} + R_2)}{(R_{fz} + R_2)R_0 - R_2^2}$$

将电流 I_0 对电阻 R_2 进行求导可以得到：

$$I_0' = \frac{U_s(R_2^2 + 2R_2R_{fz})}{[(R_{fz} + R_2)R_0 - R_2^2]^2} > 0$$

故 I_0 的最大值在 R_2 最大时，即 $R_2=1000\Omega$ 时取得：

$$I_{0max} = \frac{2 \times (100 + 1000)}{(100 + 1000) \times 1000 - 1000^2} = 0.022A$$

而由功率与电流的关系我们可以计算得到负载 R_{fz} 允许通过的最大电流：

$$I_{额} = \sqrt{\frac{P_{额}}{R_{fz}}} = 0.1A > 0.022A$$

对于滑动变阻器 R_0 ，其功率为：

$$P_0 = I_0^2 R_1 + I_{支路}^2 R_2 < I_0^2 R_0 = 0.022^2 \times 1000 = 0.484W < 1W$$

在电流最大档位尚未超过额定电流值，同样的计算可得到在其余档位也未超过电流额定值。故最大电流未超过任一档的允许电流值。

5.2 实验课任务

5.2.1 实验思路：

(1) 对于分压器式电路，取四种不同负载情况下的数据(即 $R_{fz} = \infty$ 、 $10k\Omega$ 、 $1k\Omega$ 、 100Ω 时的数据)，改变滑动变阻器的可动端，记录下负载电压 U_{fz} 。

(2) 改进电路：对于原始电路的 R_1 上并联固定电阻 $R=100\Omega$ ，进行与(1)中同样的测量操作。

5.2.2 原始记录表格:

- 注意
- 1、安全操作。
- 2、保持 R_0 两端电压 2V 不变。
- 3、原始记录表下方应记录实验桌号、实验仪器名称、编号。
- 4、下一个实验: 实验三 受控源。

座位: A6

电源: 15033924

万用表: 15028050

台式万用表: 15021572

3.12

$R_2(\Omega)$ $U_s(V)$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
∞	0.000	0.201	0.401	0.602	0.802	1.001	1.202	1.403	1.600	1.802	2.001
10K	0.000	0.199	0.395	0.589	0.783	0.978	1.173	1.371	1.581	1.773	2.001
1K	0.000	0.184	0.346	0.497	0.646	0.800	0.971	1.162	1.382	1.651	2.000
100	0.000	0.105	0.154	0.193	0.235	0.286	0.353	0.451	0.616	0.946	2.000
100 (改进电路)	0.000	0.716	0.860	0.925	0.964	0.999	1.031	1.082	1.151	1.290	2.001

6. 思考题

6.1 设 $y = \frac{U_{fz}}{U_s}$, $x = \frac{R_2}{R_0}$, $K = \frac{R_{fz}}{R_0} = 0.1$, 写出函数 $y = f(x)$, 求出导数并作曲线。

对于原始电路, 由实验说明中的技术要求可知:

$$U_{fz} = \frac{R_{fz} R_2}{R_0 (R_2 + R_{fz}) - R_2^2} U_s$$

即:

$$\frac{U_{fz}}{U_s} = \frac{\frac{R_{fz}}{R_0} \frac{R_2}{R_0}}{\left(\frac{R_2}{R_0} + \frac{R_{fz}}{R_0}\right) - \left(\frac{R_2}{R_0}\right)^2}$$

即:

$$y_1 = \frac{Kx}{K + x - x^2}$$

故:

$$\frac{dy_1}{dx} = \frac{K(K + x - x^2) - Kx(1 - 2x)}{(K + x - x^2)^2} = \frac{K^2 + Kx^2}{(K + x - x^2)^2}$$

对于改进电路:

$$U_{fz} = \frac{\frac{R_{fz} R_2}{R_{fz} + R_2} U_s}{\frac{R R_1}{R + R_1} + \frac{R_{fz} R_2}{R_{fz} + R_2}}$$

即:

$$\frac{U_{fz}}{U_s} = \frac{\frac{R_2}{R_0}(\frac{R_{fz}}{R_0} - \frac{R_2}{R_0} + 1)}{(1 - \frac{R_2}{R_0})(\frac{R_2}{R_0} + \frac{R_{fz}}{R_0}) + \frac{R_2}{R_0}(\frac{R_{fz}}{R_0} - \frac{R_2}{R_0} + 1)}$$

即：

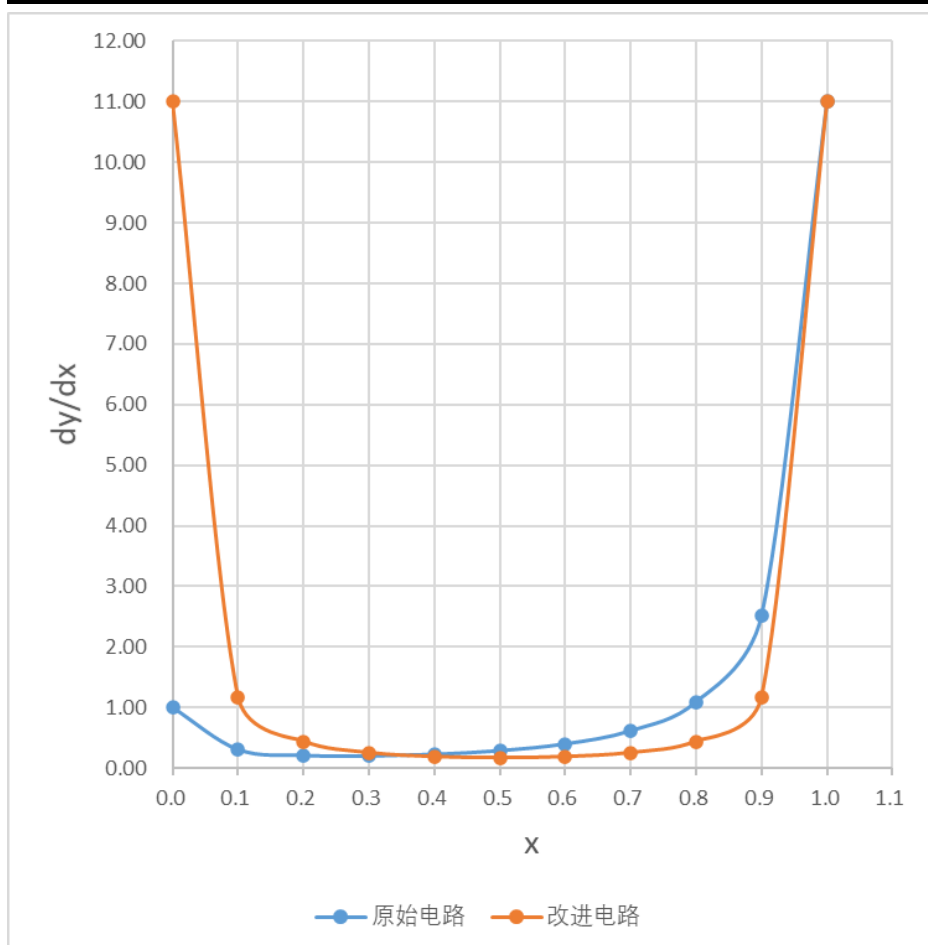
$$y_2 = \frac{x(K + 1 - x)}{K + 2x - 2x^2}$$

故：

$$\begin{aligned} \frac{dy_2}{dx} &= \frac{(K + 1 - 2x)(K + 2x - 2x^2) - x(K + 1 - x)(2 - 4x)}{(K + 2x - 2x^2)^2} \\ &= \frac{K^2 + K + 2Kx^2 - 2Kx}{(K + 2x - 2x^2)^2} \end{aligned}$$

绘制 $\frac{dy}{dx}$ 随 x 的变化数据表格与曲线如下：

x	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$\frac{dy_1}{dx}$	1.00	0.30	0.21	0.20	0.22	0.29	0.40	0.61	1.09	2.52	11.00
$\frac{dy_2}{dx}$	11.00	1.17	0.44	0.25	0.18	0.17	0.18	0.25	0.44	1.17	11.00



6.2 讨论改进电路相比于原始电路的优缺点：

$\frac{dy}{dx}$ 的稳定性具体表现为 y 与 x 的线性相关性，相比于原始电路，改进电路在 $0.2 < x < 0.8$ 区间内变化稳定， y 与 x 保持接近线性相关关系所对应的 x 的区间更大，即在改进电路中随电阻 R_2 的变化，电压 U_{fz} 稳定变化的区域更大，这样就避免了滑动变阻器在滑片还未接近端点时，滑片的轻微移动导致的过大的 U_{fz} 变化，导致调压特性曲线不能呈现较好的线性性。

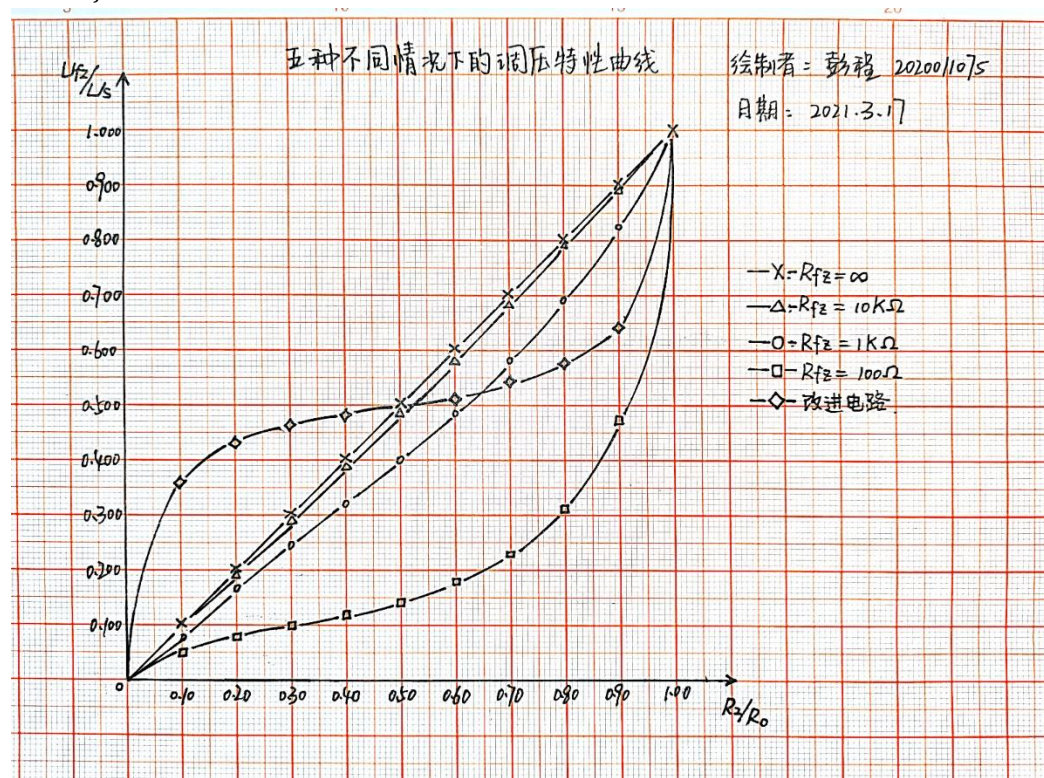
但是相比于原始电路，改进电路在保持线性性的电压变化区间内电压变化幅度较小，滑动端在两端时引起电压的变化幅度过大，更容易引起测量值的误差，导致绘制出曲线不准确。

6.3 在原始电路中，为得到实用的调压特性，应该如何选取 $\frac{R_{fz}}{R_0}$ 的值：

为得到实用的调压特性，应当使 y 与 x 保持有较好的线性关系，由 7.1 中作出的调压特性曲线我们可以得出： R_{fz}/R_0 的值应该尽量偏大，在 $R_{fz}/R_0 > 1$ 时呈现较好的线性相关性。

7. 终结报告要求

7.1 作出分压器在四种负载情况下的通用调压特性曲线，为使调压特性在 $R_2/R_0 = 0.5$ 时能有 $U_{fz}/U_s > 0.4$ ，比值 R_{fz}/R_0 应该如何选取。作出 U_{fz}/U_s 与 R_2/R_0 的关系曲线图如下：



由调压特性曲线可知为使调压特性在 $R_2/R_0 = 0.5$ 时能有 $U_{fz}/U_s > 0.4$, 应该使得

比值 $R_{fz}/R_0 > 1$ 。

由代数关系, 即:

$$\frac{U_{fz}}{U_s} = \frac{\frac{R_{fz} R_2}{R_0 R_0}}{\left(\frac{R_2}{R_0} + \frac{R_{fz}}{R_0}\right) - \left(\frac{R_2}{R_0}\right)^2} > 0.4$$

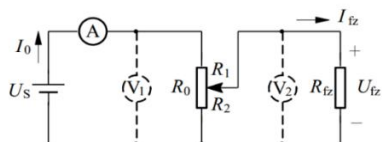
解之得:

$$R_{fz}/R_0 > 1$$

7.2 实验结论与收获

7.2.1 实验收获

为了解三端变阻器的调节特性, 设计了如下电路进行研究:



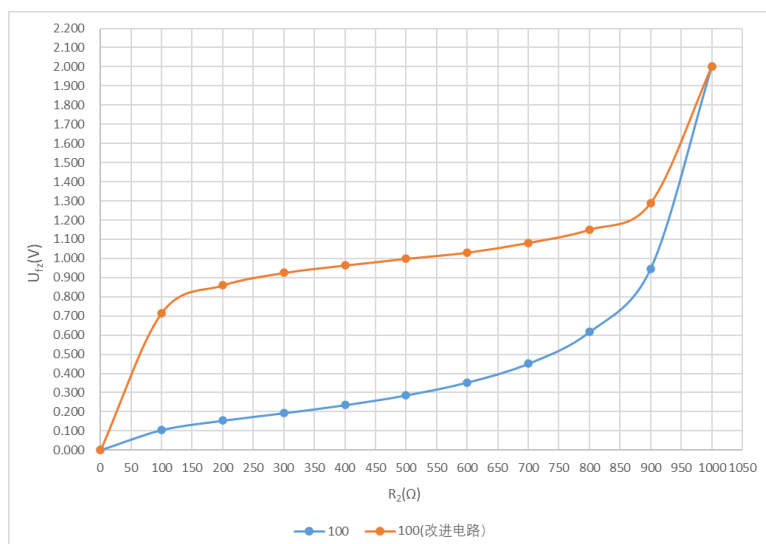
(1) 根据实验我们了解到三端变阻器的调节分压特性:

- ◆ U_{fz} 的变化范围始终是 $0-U_s$;
- ◆ 在负载电阻 R_{fz} 与变阻器阻值 R_0 的比值(K)较小时(即实验中 $100\ \Omega$ 组),
分压特性曲线不能呈现较好的线性, 可动端在某些位置移动一点, U_{fz}
变化很大;
- ◆ 在负载电阻 R_{fz} 明显大于变阻器阻值 R_0 时, 分压特性曲线呈现良好的线
性相关性, 为得到实用的调压特性, $\frac{R_{fz}}{R_0}$ 的值应当大于 1。

(2) 实验时由于电源内电阻的影响, 仅保持电源电压是 2V 是不够的, 在每次调节变阻器档位后都需要重新调节电源电压使得变阻器两端电压重新达到 2V;

(3) 当负载电流远小于电源输出电流, 且要求有较宽电压调节范围时, 特别是要求从零开始时, 大多采用分压器式接法。当限制条件改变时, 可能会根据具体情况选择其他接法。

(4) 对于改进电路, 进行了与原始电路在负载值相同条件下的对照试验, 得到了如下的调压特性曲线:



观察到，在改进电路中调压特性曲线保持线性关系对应的 R_2 的变化范围明显更广，然而在线性区域内电压变化幅度也相对更小，对调压特性曲线在 x 方向有效范围增加的同时也导致了在 y 方向上有效范围的缩小。

7.2.2 实验结论

(1) 为得到实用的调压特性并且使调压特性在 $R_2/R_0 = 0.5$ 时能有 $U_{fz}/U_s > 0.4$ ，比值 R_{fz}/R_0 应大于 1； R_{fz}/R_0 越大时，电压变化情况越接近于线性，但功率消耗也会随之增大，因此应综合考虑，选择合适的 R_{fz}/R_0 值。

(2) 改进电路相比于原始电路在调压特性曲线 x 方向有效范围增加的同时导致了在 y 方向上有效范围的缩小，故在选取电路时也应当根据实际情况综合考虑选择更加合适的电路。