



# 三端电阻器分压影响曲线分析及其合理使用

徐良雄

(武汉交通职业学院 机电工程学院,湖北 武汉 430065)

**摘要:** 三端电阻器的合理使用是电力电子领域一个十分重要的问题。三端电阻器作为分压器使用,若使用不当,会造成调压“调不上”或调压“调不稳”,经常发生分压器电阻被烧坏事件。通过分析输出电压、电流与分压器比系数  $K$  的影响曲线,指出了合理选择分压器额定电流及分压比,有效规避使用风险的方法。

**关键词:** 三端电阻器;分压器额定电流;分压器调压

中图分类号: TN379

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2015) 05-0084-03

## 一、引言

工矿、企业、科研单位的电气试验中,经常使用三端电阻器。三端电阻器有两个固定端钮 1、2 和一个滑动端钮 3,见图 1。与两端电阻器相比,三端电阻器使用更加灵活方便。两个固定端钮接入电路可作为固定电阻使用,一个固定端钮和一个可动端钮接入电路可作为可变电阻使用,三端电阻器还被广泛地用作分压器调压使用<sup>[1-3]</sup>。

三端电阻器的额定参数有两个:一个是它的额定电阻值,另一个是它的额定电流。作为固定电阻和可变电阻使用,只要不超过它的额定电流就可安全使用。但是如果将三端电阻器作为分压器使用,使用不当,就会造成调压“调不上”或调压“调不稳”,还经常发生分压器电阻被烧坏。原因是什么呢?这要从三端电阻器作为分压器使用时电路的基本规律来说明。

图 2 为接入负载电阻  $R_L$  的三端电阻器分压电路。各字母表示的意义是: $U_i$  为输入电压, $U_o$  为输出电压, $I_i$  为输入电流, $I_o$  为输出电流, $R$  为三端电阻器

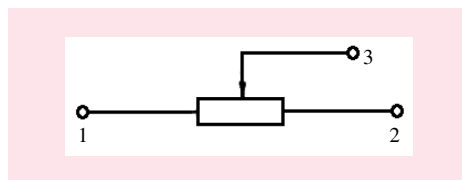


图 1

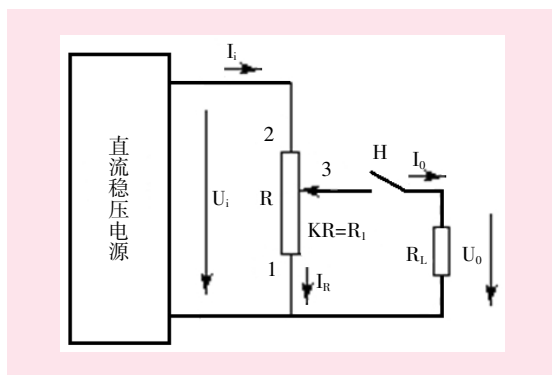


图 2

总电阻,  $R_1$  为与负载电阻  $R_L$  并联的三端电阻器  $R$  的下半部分。为了说明问题,定义:  $K=R_1/R$ 。

## 二、 $K$ 对 $U_o$ 的影响分析

收稿日期: 2015-05-20

基金项目: 2014 湖北省教育科学规划研究课题(项目编号: 2014B413)。

作者简介: 徐良雄(1956-),男,湖北武汉人,武汉交通职业学院教授,研究方向: 数字电子技术、机床电气控制技术、可编程程序控制器。

若以  $R_L/R$  为参数,对上述调压电路,其  $U_0$  与  $K$  之间可有如下关系:

$$U_0 = \frac{U_i}{(1-K)R + \frac{KR \times R_L}{KR + R_L}} \times \frac{KR \times R_L}{KR + R_L} \\ = U_i \frac{(K \times \frac{R_L}{R})}{(K - K^2) + \frac{R_L}{R}}$$

根据该式可作出  $U_0$  与  $K$  之间的关系曲线如图 3 所示,可以看出在  $U_i$ 、 $R$  一定时,无论  $R_L/R = \infty$  或  $R_L/R = 1$  或  $R_L/R = 0.01$  等等,  $U_0$  的变化范围都在  $0 \sim U_i$  之间变化,只有在  $R_L/R = \infty$  时(图 2 中开关 H 打开时)  $U_0$  才随  $K$  成正比的均匀增大;在  $U_i$ 、 $R$  一定但负载电阻  $R_L$  不同时,同一  $K$  值时的  $U_0$  不同,  $R_L/R$  越小,曲线越向下移。同时可以看出,  $K$  值较小时曲线上升慢,曲线较“平”,即当调节滑动触头上升时电压调不上去,而  $K$  值较大时曲线上升快,曲线“陡”,即调节滑动触头上升时电压上升很快,电压“调不稳”。由此可见,要得到稳定的调压,在  $U_i$  一定时,应适当地选择  $R_L/R$  之值。  $R_L/R$  越大,调压效果越好。调压才不会显现电压调不上去和“调不稳”现象,故调压只能用于轻载场合。

### 三、 $K$ 对 $I_i$ 的影响分析

若以  $R_L/R$  为参数,对上述调压电路,其  $I_i$  与  $K$  之间可有如下关系:

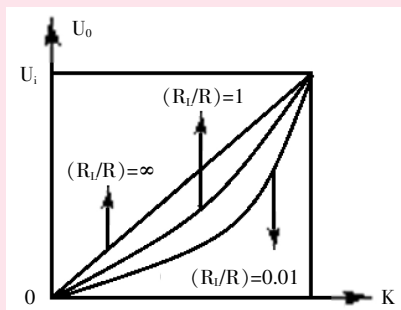


图 3

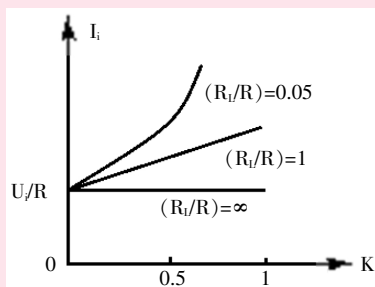


图 4

$$I_i = \frac{U_i}{(1-K)R + \frac{KR \times R_L}{KR + R_L}} = \frac{U_i}{R} \times \frac{1}{(1-K) + \frac{KR_L}{KR + R_L}} \\ = \frac{U_i}{R} \times \frac{K + \frac{R_L}{R}}{(K - K^2) + \frac{R_L}{R}}$$

根据该式可作出  $I_i$  与  $K$  之间的关系曲线,如图 4 所示。

可见,当  $U_i$ 、 $R$ 、 $R_L$  一定时  $K$  增加,  $I_i$  也增加,而且负载越重,即  $R_L$  越小,  $I_i$  增加越明显。当选择  $K=1$  时,

$$I_i = \frac{U_i}{R} \times \frac{1 + \frac{R_L}{R}}{(1-1) + \frac{R_L}{R}} = \frac{U_i}{R} \times (1 + \frac{R}{R_L}) = \frac{U_i}{R} + \frac{U_i}{R_L} =$$

$I_R + I_0$

即  $I_i$  是分压器全电阻  $R$  与负载电阻  $R_L$  并联时的总电流,如图 5 所示。可见  $K=1$  时,滑动触头在分压器最上端,  $R$  与  $R_L$  并联,此时  $I_i$  最大。从图 2 电路上可见,调滑动触头上升,  $K$  接近于 1 时,三端电阻器  $R$  上段电流最大,而且负载越重,三端电阻器的端头电阻承受的电流越大。从极限观点看  $R$  上段必须能承受这一最大电流,而整个电阻是均匀的也必须能承受这一电流,这里就是使用三端电阻器作为分压器,端头电阻常被烧坏的原因。由此可见,在选择三端电阻器额定电流时,应大于在  $U_i$ 、 $R_L/R$  一定且  $K=1$  时的  $I_i$  值,即三端电阻器的额定电流选择必须大于负载和其本身单独存在时流过负载和三端电阻器的电流。只有满足了这一条件,才不会出现三端电阻器的端头电阻被烧坏这一事件。

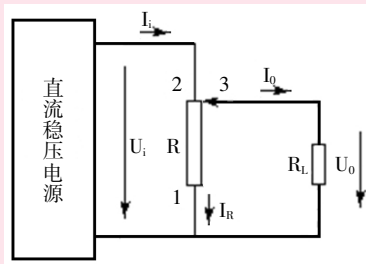


图 5

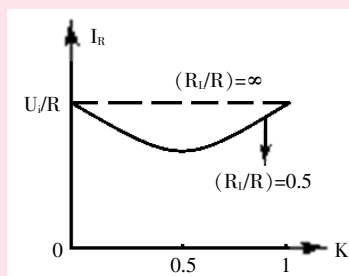


图 6

四、K 对分压器之  $I_R$  的影响分析

$$I_R = I_i \times \frac{R_L}{KR + R_L} = \frac{U_i}{R} \times \frac{K + \frac{R_L}{R}}{(K - K^2) + \frac{R_L}{R}} \times \frac{\frac{R_L}{R}}{K + \frac{R_L}{R}} = \frac{U_i}{R} \times \frac{\frac{R_L}{R}}{(1 - K)K + \frac{R_L}{R}}$$

对  $I_R(K)$  求一阶导数:

$$\frac{dI_R(K)}{dK} = \frac{U_i}{R} \times \frac{R_L}{R} \times \frac{2K - 1}{[(1 - K)K + \frac{R_L}{R}]^2}$$

令一阶导数等于零,即:

$$\frac{U_i}{R} \times \frac{R_L}{R} \times \frac{2K - 1}{[(1 - K)K + \frac{R_L}{R}]^2} = 0$$

因分母不可能为 0,所以,可令  $2K - 1 = 0$ 。得到  $K = 0.5$ 。所以  $I_R$  有极值。 $K = 0$  时,  $I_R = U_i/R$ 。此后  $K$  在  $0 \sim 0.5$  之间增加时,  $I_R$  减小,如图 6 所示,当  $K > 0.5$  时,  $I_R$  又开始增大,  $K = 1$  时,  $I_R = U_i/R$ ,可见  $I_R$  最大为  $I_R = U_i/R$ ,  $K = 0.5$  时,  $I_R$  有极小值<sup>[4-7]</sup>。也就是调压过程中,当滑动触头在中间位置时,流过三端电阻器的电流最小,这里是三端电阻器使用最为安全的位置,其它位置,流过三端电阻器的电流都增大,滑动触头在顶端位置时,流过三端电阻器的电流最大。

## 五、结束语

根据以上以  $R_L/R$  为参数,对上述调压电路的  $K$  对电压、电流的影响分析,三端电阻器作为分压器,只有合理使用,才不会造成调压“调不上”或调压“调不稳”,或者发生分压器电阻被烧坏的现象。

当分压器电路可动触头在接近最上端时,即当  $K \approx 1$  时,三端电阻器上部电阻上通过的电流最大。当  $U_i$ 、 $R$ 、 $R_L$  不变时,三端电阻器选择的额定电流需满足:

$$I_c > I_i = \frac{U_i}{R} + \frac{U_i}{R_L}$$

三端电阻器作为分压器调压时才能安全使用而不被烧坏,同时选择适当  $R_L/R$  之值,轻载使用效果才好,也就是  $R_L/R$  越大,调压效果越好,调压才不会出现  $K$  小调不上去和  $K$  大“调不稳”现象。

由此可知,只要我们通过  $K$  曲线对其影响因素进行分析,了解其原理,即可巧用三端电阻器,合理规避使用调压电阻所带来的风险。

## 参考文献:

- [1] 高永全.电阻位置传感器的拓展[J].大学物理实验,2012,(4):17-19.
- [2] 胡鹏程,时玮泽,梅健挺.高精度铂电阻测温系统[J].光学精密工程,2014,(4):988-995.
- [3] 陆斌兴.熔断体电阻值的计算[J].低压电器,2014,(5):56-61.
- [4] 田梦三.巧用“伏安法”测未知电阻值[J].科技创新导报,2011,(7):93-93.
- [5] 魏江.伏安法测电阻电路设计技巧[J].新课程(中学),2014,(6):150-151.
- [6] 陈中群.伏安法测电阻的教与学[J].数理化解题研究(高中版),2014,(08):42-43.
- [7] 蒲勇全.伏安法测电阻的五种改进方法[J].读与写(教育教学刊),2013,(6):159-159.

[责任编辑:詹华西]

## The Curve Analysis and Use of Three Terminal Resistor as Voltage Divider

XU Liang-xiong

(Mechanical Engineering Department, Wuhan Technical College of Communications, Wuhan 430065, China)

**Abstract:** The rational use of three terminal resistor is a very important issue in the field of power electronics. Three terminal resistor is used as a voltage divider, if used improperly which can cause the stability of pressure even burned. This paper studies the output voltage and the load, the divider ratio, points out the rational choice of rated current and ratio can avoid the risk.

**Key words:** three terminal resistor divider; rated current; voltage regulator