

# 低压高能压敏电阻在汽车电气回路中的应用

## Application of the Low Voltage High-energy Varistors in Electronic Circuits of Automobiles

孙丹峰<sup>1</sup>, 季幼章<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 苏州市电通电力电子有限公司 (苏州, 215000)

<sup>2</sup> 中国科学院等离子体物理研究所 (合肥, 230031)

Sun Dangfeng<sup>1</sup>, Ji Youzhang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Suzhou Diantong Power Electronic Co., Ltd (Suzhou, 215000)

<sup>2</sup>Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences (Hefei, 230031)

**摘要:** 本文综合介绍了在汽车电气回路中可能发生的过电压, 以及对低压高能压敏电阻浪涌吸收器的技术要求, 并给出了应用实例。

**关键词:** 低压高能 压敏电阻 汽车 电气回路 应用

**Abstract:** The paper introduces overvoltage resulting from electric loop in automobiles, and also discusses technical requirements for low-voltage high-power varistor surge absorbers. The author also provides applicable cases in the paper.

**Keyword:** Low voltage and high power, Varistor, Automobiles, Electric loop, Application

[中图分类号] TN304.93 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349(2011)11-0021-05

## 1 引言

文章分析了汽车电气回路发生的卸负荷过电压、点火开关断开时的过电压、感性负荷回路断开闭合时的过电压, 以及对低压高能压敏电阻的使用和试验要求, 综述了低压高能压敏电阻的特征、特性。举例介绍了低压高能压敏电阻在汽车电气回路中的应用。

## 2 汽车电气回路发生的过电压

汽车电气回路在运行时, 会发生蓄电池端子外面卸负荷过电压, 点火开关断开时过电压、感性负荷回路断开闭合时过电压等。以下作概要说明。

### 2.1 蓄电池端子外面卸负荷过电压

图1示出汽车电气系统发生过电压示意图。

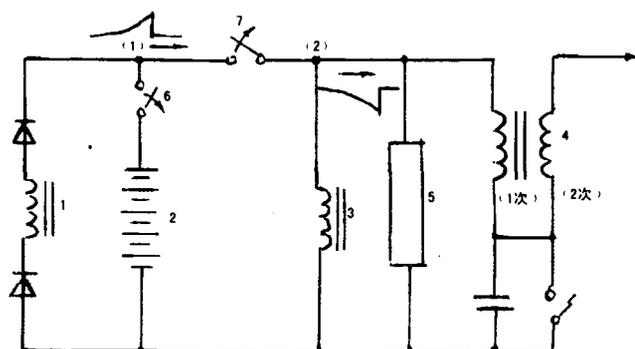


图1 汽车电气回路发生典型的过电压示意图

图中符号含义:

- 1-发电机定子(一相);            2-蓄电池;
- 3-磁场线圈;                    4-点火线圈;
- 5-半导体辅助装置;            6-蓄电池外端子;
- 7-点火开关;    (1)-卸负荷过电压;
- (2)-点火开关断开时过电压。

交流发电机供给负荷和蓄电池电流时,当蓄电池外面端子断开时,负荷电流急速减小,磁场的调节不能及时跟随,发生过电压正极性的能量很大,最恶劣条件的场合,最高电压达200V,持续时间300ms,能量130J。日本汽车技术会(JASO)对于这样的过电压规定试验方法为70V,400ms,一次。

再有,由于蓄电池电解液蒸发产生卸负载过电压,不过这种机会很少,一旦发生能量极大,回路中的半导体设备几乎瞬时破坏,需要有必要的保护对策。

图2示出卸负荷过电压波形示意图。

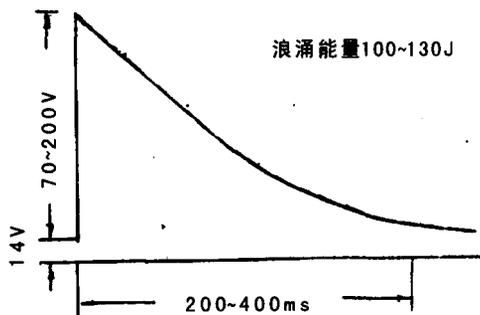


图2 卸负荷过电压波形图

采用ERZ-M14J型、ERZ-M10J型低压高能压敏电阻与蓄电池并联进行保护,电气回路采用此浪涌吸收器后,不仅可使过电压限到43V以下,而且可以避免误动作。

ERZ-M14J型、ERZ-M10J型低压高能压敏电阻性能参数如下:

- 标称电压:  $U_{1mA}$  为  $22 \pm 2V$ ;
- 适用回路电压: 12V(最大16V)(直流);
- 短时容许电压: 24V(直流);
- 限制电压:  $U_{10A}$  为 43V;
- 能量耐量: 200J, 100J。

### 2.2 点火开关断开时的过电压

图1中示出点火开关回路。当点火开关(即驾驶台上的钥匙开关)断开时,交流发电机励磁线圈中电流突然中断,产生反电势 $L(di/dt)$ 而出现过电压。这种过电压的特征是负极性(相对于电源电压而言),最大幅值180V,持续时间200ms,浪涌能量与励磁线圈中储藏的能量有关,通常在1J以下。只要汽车行驶,每天总要出现几次,比较频繁。这种过电压对回路中电压等级比较低的半导体器件会有威胁。

图3示出点火开关断开时过电压波形图。

日本汽车技术会(JASO)对于这样的过电压,规定试验方法为: -180V,140ms,10000次。

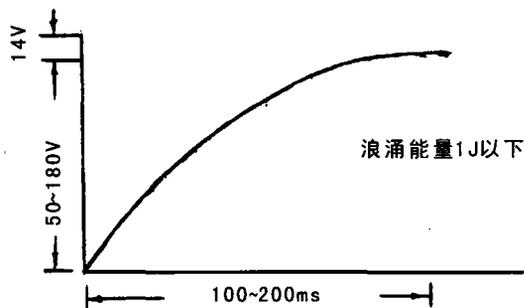


图3 点火开关断开时的过电压波形图

采用ERZ-M14D型低压高能压敏电阻与励磁线圈并联进行保护。

ERZ-M14D型低压高能压敏电阻参数如下:

- 标准电压:  $U_{1mA}$  为  $22 \pm 2V$ ;
- 适用回路电压: 12V(最大16V)(直流);
- 短时容许电压: 24V(直流);
- 限制电压:  $U_{10A}$  为 43V;
- 能量耐量: 20J。

### 2.3 感性负荷断开闭合时的过电压

在汽车电气系统中,如各种电动机、前灯、喇叭、转向信号、各种继电器、电感线圈等断开闭合部分,这些负荷断开闭合将产生过电压,在这些场合发生的是正负两极性的过电压,能量很小,由于误动作也会引起半导体器件损坏。

日本汽车技术会(JASO)对于这样的过电压,规定试验方法为:  $\pm 100V \sim \pm 300V, 0.3 \sim 0.5ms, 1000$ 次(30s间隔)。

采用ERZ-M10D型低压高能压敏电阻与半导体器件并联进行保护。

ERZ-M10D型低压高能压敏电阻参数如下:

- 标称电压:  $U_{1mA}$  为  $22 \pm 2V$ ;
- 适用回路电压: 24V(最大16V)(直流);
- 短时容许电压: 24V(直流);
- 能量耐量: 10J。

在汽车电气系统中发生过电压的原因、对半导体设备影响和它的特性见表1。

## 3 汽车用低压高能压敏电阻的特征

对于一般的半导体装置的过电压保护装置,是采用非线性电阻或齐纳二极管等非欧姆元件,而对于汽车电气回路,由于使用环境极为严酷,如要求在150℃高温下工作稳定等。日本研制出的汽车用低压高能压敏电阻具有以下特征:

表1 汽车电气回路发生过电压的种类和特性。

过电压的种类	发生原因	过电压的性质	对半导体设备影响	日本汽车技术会(JASO)环境试验方法
卸负荷过电压	(1) 蓄电池端子外面负荷急速减小 (2) 蓄电池电解液蒸发	浪涌能量100~130J	破坏	+70V, 400ms, 1次.
点火开关断开时的过电压	点火开关断开	浪涌能量1J以下	反覆相加而劣化	-80V, 140ms, 10000次(30s间隔)
感性负荷断开时的过电压	各种电动机、继电器、电感线圈等感性负荷的断开闭合	浪涌能量小, 发生程度高	误动作	±100V~±300V, 0.3ms~0.5ms, 10000次(30s间隔)

(1) 从小电流到大电流, 在整个电流区域应用范围内, 均具有优异的非欧姆性, 良好的浪涌抑制效果;

(2) 在150℃高温下漏电流小, 而且具有长期稳定可靠性;

(3) 对应汽车的电气系统发生最大级的浪涌, 耐受浪涌能量要大。

由于汽车电气回路属于低压回路, 只有几十伏, 故高能压敏电阻需采用籽晶法制作。

## 4 汽车用低压高能压敏电阻的特性

### 4.1 电压--电流特性

图4示出低压高能压敏电阻电压(U)—电流(I)特性与温度的依存关系。

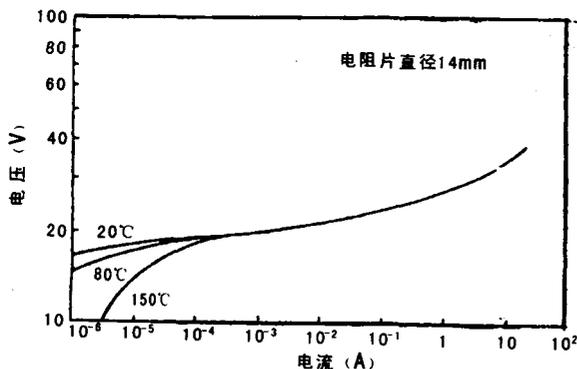


图4 电压—电流特性与温度的依存关系

100mA以下用直流, 1A以上用8/20 μs冲击电流测定,

从1 μA到10A应用范围领域示出良好的非欧姆性指数, 100 μA与1mA之间的非线性系数α为35。

过电压保护性能: 用10A的电压( $U_{10A}$ )和 $U_{1mA}$ 的比值表示: $U_{10A}/U_{1mA}$ 约为1.75。

图5示出漏电流与周围温度的关系。

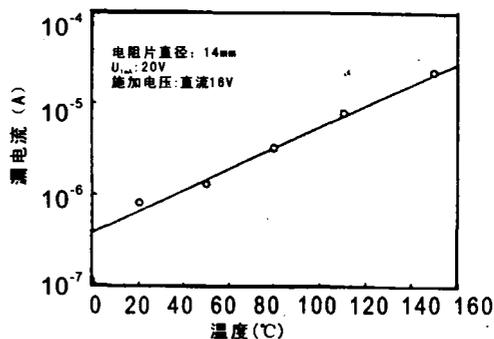


图5 漏电流与温度的关系

该低压高能压敏电阻在150℃下的漏电流小于50 μA, 在接入电源回路时, 漏电流的功率损耗可以忽略。

### 4.2 耐受浪涌能量

图6示出破坏能量与浪涌电流持续时间的关系。

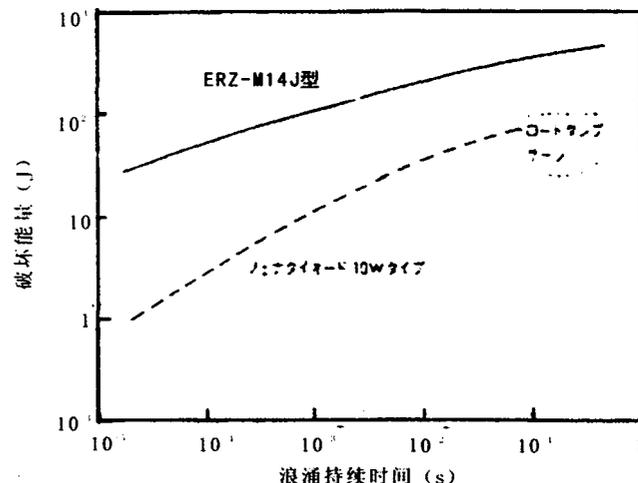


图6 破坏能量与浪涌持续时间的关系

对于卸负荷过电压300ms持续时间的浪涌, 承受200J以上的浪涌能量。

### 4.3 浪涌寿命

图7示出浪涌寿命特性。对于点火开关断开过电压和感性负荷断开闭合过电压, 必须耐受多次的操作过电压。在图7中, 用2ms的矩形波, 5J的能量容许作用10000次的情况下,  $U_{1mA}$ 压敏电压的变化率小于10%。

### 4.4 高温荷电寿命

图8示出高温荷电寿命特性。

汽车发动机的使用场合, 要求在150℃时高温稳定。在

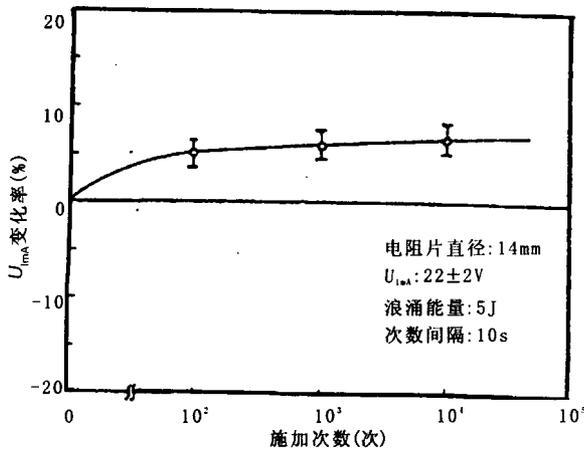


图7 浪涌寿命特性

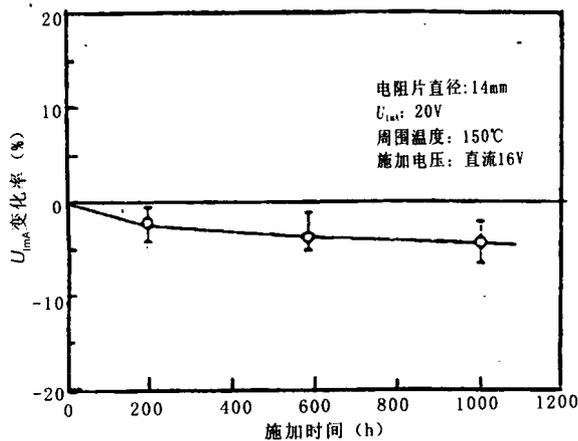


图8 周围高温的荷电寿命试验

图8中, 该低压高能压敏电阻在150℃高温条件下,  $U_{1mA}$ 为20V的低压高能压敏电阻, 施加直流16V, 10000h时, 压敏电压 $U_{1mA}$ 变化下降约5%, 高温特性十分稳定。

#### 4.5 热击穿寿命

低压高能压敏电阻具有负温度系数, 在连续高温下施加电压, 就有可能发生热击穿。因此高温热击穿寿命特性是很重要的。图9示出热击穿寿命特性。

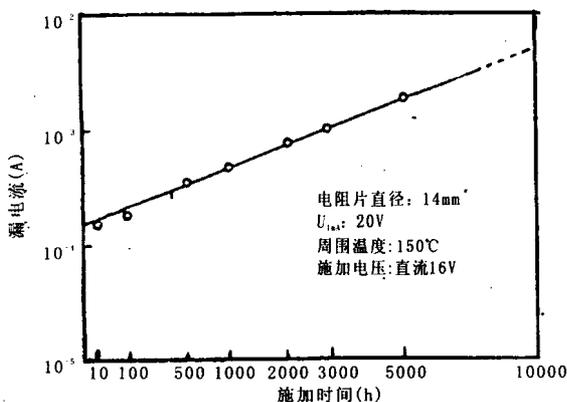


图9 热击穿寿命特性

在图9中,  $U_{1mA}$ 为20V的低压高能压敏电阻连续施加直

流16V, 示出漏电流变化状况, 经试验推算, 漏电流达到10mA, 至少需历时10000h以上。

#### 4.6 容许过电压

日本汽车技术会(JASO)试验方法规定: 低压高能压敏电阻 $U_{1mA}$ 为20V的电阻, 容许直流24V电压历时1min以上。

### 5 低压高能压敏电阻的规格

表2列出日本松下电器公司生产的M系列J型和D型低压高能压敏电阻的性能额定值, 其中J型2个种类, D型3个种类。

表2 汽车用低压高能压敏电阻的规格

型号	压敏电压 $U_{1mA}$ (V)	适用回路电压系列 DC(V)	短时容许电压 (5min) DC(V)	限制电压 $8/20 \mu s$ (V)	耐受能量(1次) (J)	用途
ERZ-M14JK220	$22 \pm 2$	12V系列(最大16V)	24	<43 ( $U_{10A}$ 的值)	200 (200ms)	用于主回路
ERZ-M10JK220	$22 \pm 2$	12V系列(最大16V)	24	<43 ( $U_{5A}$ 的值)	100 (200ms)	用于主回路
ERZ-M14DK220	$22 \pm 2$	12V系列(最大16V)	24	<43 ( $U_{10A}$ 的值)	20 (20ms)	用于个别回路
ERZ-M10DK220	$22 \pm 2$	12V系列(最大16V)	24	<43 ( $U_{5A}$ 的值)	10 (20ms)	用于个别回路
ERZ-M05DK220	$2.2 \pm 2$ ( $U_{0.1mA}$ 的值)	12V系列(最大16V)	24	<48 ( $U_{1A}$ 的值)	2.5 (20ms)	用于个别回路

J型低压压敏电阻使用温度范围:  $-40^{\circ}C \sim 150^{\circ}C$ 。

D型低压高能压敏电阻使用温度范围:  $-40^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$ ; 保存温度范围:  $-40^{\circ}C \sim 150^{\circ}C$ 。

### 6 低压高能压敏电阻的应用

在图10示出低压高敏电阻在汽车电气系统应用示例。

(1) 在图10(a)处给出了对于最大能量的卸负荷过电压, 在主回路部分接入J型低压高能压敏电阻。卸负荷过电压的峰值, 持续时间, 发动机转速(发电机), 断开电流值是相互依存的。图11示出过电压峰值或持续时间与发电机转速的关系。发电机转速大, 过电压峰值或持续时间变大, 浪涌能量变大。

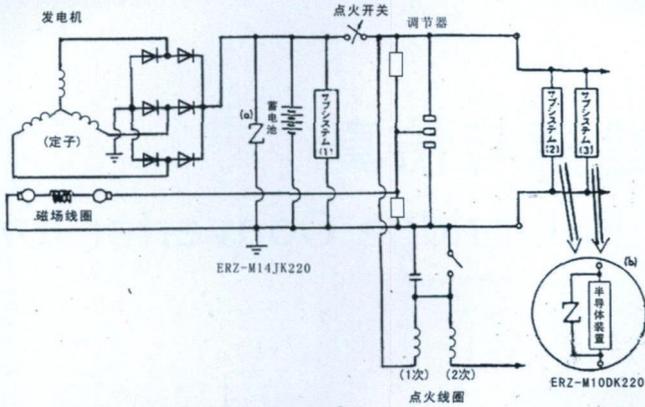


图10 汽车电气系统的应用示例

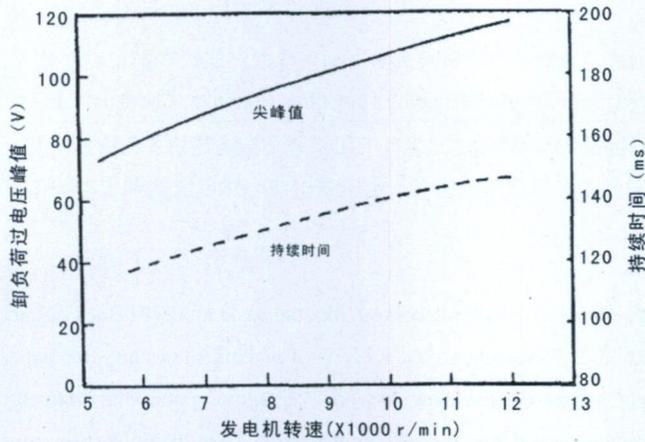


图11 卸负荷过电压,持续时间与发电机转速的关系

图12示出不同发动转速,卸负荷过电压波形和安装低压高能压敏电阻场合的抑制过电压波形。应用低压高能压敏电阻,100V以上的过电压抑制到40几伏以下。

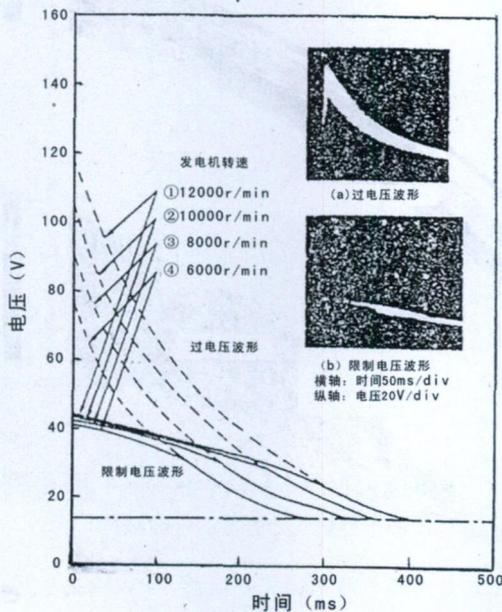


图12 汽车用低压高能压敏电阻抑制负荷过效果

(2) 在图10(b)处示出点火开关断开时发生的过电压、感性负荷断开闭合的过电压,保护半导体设备的半导体器件和防止误动作,半导体设备中并联D型低压高能压敏电阻。

(3) 在图13示出晶体管型点火电路具体应用实例。

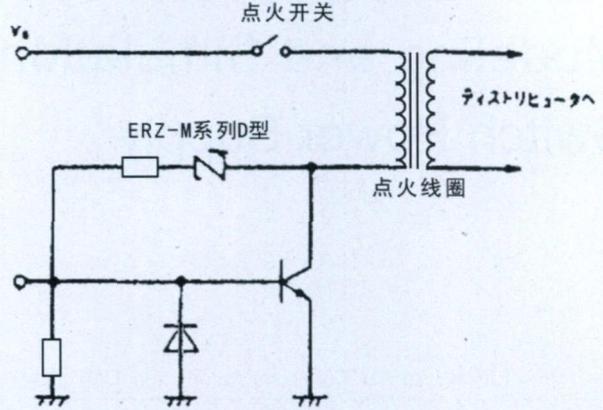


图13 晶体管型点火开关的应用

晶体管型号点火,由于点火线圈1次侧的电流开关,在2次侧产生30kV的高压。这时在1次侧产生数个100V的断开闭合过电压,这过电压可损坏晶体管。在图13中示出采用低压高能压敏电阻以防止过电压损坏晶体管。

这种低压高能压敏电阻除了用于汽车电气回路外,还可用于:

- (1) 低压通信线路半导体装置过电压保护;
- (2) 多种控制线路半导体装置过电压保护;
- (3) 低压继电器触点保护和消除火花;
- (4) 印刷等低压电器的半导体装置过电压保护。

## 7 结束语

这种浪涌吸收器能够用在低压电路,诸如直流12V,有很好的非欧姆特性,承受200J高容量,50℃温度下稳定运行。该装置已经普遍地应用在汽车电气回路半导体过电压保护。

### 参考文献

- [1] Kazuo Eda, Masanori Inada, Atsushi Iga, et al. National Technical Report, 1979, 25(5), 1024~1032
- [2] 王克逸, 季幼章. 第三届全国电压敏学术交流会论文集, 海口: 1994年10月
- [3] 孙丹峰, 季幼章. 中国电子学会敏感技术分会电压敏学部第十七届学术年会论文集, 郑州: 2010年10月, 92~100页
- [4] 莫以豪, 李标荣, 周国良. 半导体陶瓷及其敏感元件, 上海: 上海科学技术出版社, 1983年
- [5] 陈志清, 谢恒. 氧化锌压敏瓷及其在电力系统中的应用. 北京: 水利电力出版社, 1992年
- [6] 日本松上电器公司产品目录