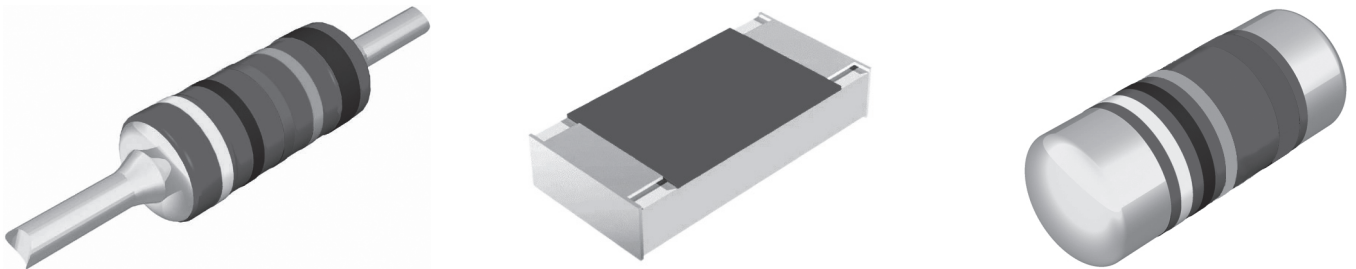




线性固定电阻器的脉冲载荷处理



线性固定电阻器的功率和热性能大多基于 DC 或 RMS 载荷，但是，像单脉冲或连续的脉冲流等脉冲载荷，成为专业电子产品日益重要的一个因素。薄膜电阻器的脉冲载荷状况不得超过以下限制：

- 单脉冲在一个给定的脉冲持续时间必须限制在峰值功率内
- 连续脉冲载荷的平均功率载荷 P 不应超过额定功耗 P_{70}
- 脉冲电压的最大幅值，包括单脉冲和连续脉冲，必须针对高电阻值进行限制

1. 单脉冲载荷

指定电阻器的允许最大单峰值功率，显示在 Vishay Draloric Beyschlag 数据表的脉冲载荷图中，作为脉冲持续时间的函数。所有这些图均基于矩形单脉冲波形。对于不同的脉冲波形，必须计算单脉冲的能量。

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P_{(t)} \times dt$$

能量的结果必须与相似的矩形脉冲波形相比较。实际单脉冲和相似矩形脉冲的功率幅值必须相等。

$$\hat{P} = \hat{P}_{\text{rec-cal}}$$

现在很容易计算出矩形单脉冲的大约持续时间。

$$W = W_{\text{rec-cal}} = \hat{P}_{\text{rec-cal}} \times t_{\text{rec-cal}}$$

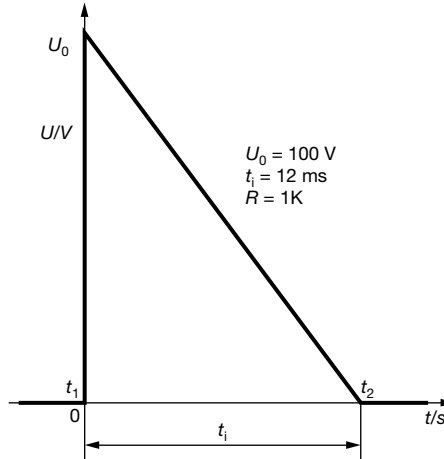
各单脉冲现在被转换成可与电阻器数据表的单脉冲图相比较的相似矩形脉冲波形。

如果功率的幅值低于电阻器的允许最大峰值功率，那么，从单脉冲图可得出允许的脉冲持续时间。如果计算的矩形持续时间少于或等于数据表中的允许最大脉冲持续时间，那么电阻器适合目标应用。

$$W = W_{\text{rec-cal}} = \hat{P}_{\text{rec-cal}} \times t_{\text{rec-cal}} \leq W_{\text{Diagram}}$$

线性固定电阻器的脉冲载荷处理

以下示例为专业 MINI-MELF 电阻器 MMA 0204 针对三角形脉冲波形的计算：



$$u_{(t)} = \frac{U_0}{t_i} \times t + U_0$$

时间 $0 \leq t \leq t_i$

一个三角形电压脉冲的能量：

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P_{(t)} \times dt$$

$$W = \frac{1}{R} \int_{t_1}^{t_2} u^2_{(t)} \times dt$$

$$W = \frac{U_0^2}{R} \times \frac{t_i}{3}$$

$$W = \hat{P} \times \frac{t_i}{3}$$

峰值功率为：

$$\hat{P} = \hat{P}_{\text{rec-cal}} = \frac{U_0^2}{R}$$

$$\hat{P} = 10 \text{ W}$$

与相似的矩形脉冲相比较：

$$W = W_{\text{rec-cal}} = \hat{P}_{\text{rec-cal}} \times t_{\text{rec-cal}}$$

在相似的脉冲持续时间内：

$$t_{\text{rec-cal}} = \frac{t_i}{3}$$

$$t_{\text{rec-cal}} = \frac{12 \text{ ms}}{3}$$

$$t_{\text{rec-cal}} = 4 \text{ ms}$$

线性固定电阻器的脉冲载荷处理

图 1 显示，峰值功率 P^* 低于专业 MMA 0204 电阻器的允许最大峰值功率（最高 30 W）。峰值功率 P^* 为 10 W，该图显示允许的最大持续时间 $t_{rec-data}$ 约为 7ms。基于上述计算，计算的矩形脉冲持续时间 $t_{rec-cal}$ 低于允许最大脉冲持续时间 $t_{rec-data}$ 。

电阻值为 1k Ω 的专业 MINI-MELF 电阻器 MMA 0204，适合该脉冲载荷应用。

持续时间短 ($t_i < 200\mu s$ 至 $300\mu s$) 的单脉冲，需要电阻器能够承受脉冲能量，而不会有允许的电阻值变化或故障。从电阻层出来的热流与脉冲持续时间相比非常慢，因此，允许最大峰值功率在很短的持续时间达到一个恒定值。

相似电阻器类型承受单脉冲能量的能力，依赖于电阻技术。对于极端的脉冲载荷条件，优先考虑 Vishay 碳膜、金属釉和绕线电阻器。

随着持续时间的增加，最大峰值功率越来越接近额定功耗。这基于这种效应：热量会更多地透入陶瓷而最少透入印刷线路板和环境。

专业的薄膜电阻器家族结合了诸多优势，包括出色的长期稳定性、低温度系数、高可靠性、低电流噪声，以及扩展脉冲载荷能力等。

薄膜电阻器的允许单脉冲载荷会带来特定电阻变化——与其他脉冲载荷测试截然不同，譬如，未能开路。8000 小时后的扩展耐久性试验（薄膜温度为 125 $^{\circ}C$ ），会得出该特定电阻变化量。

单脉冲

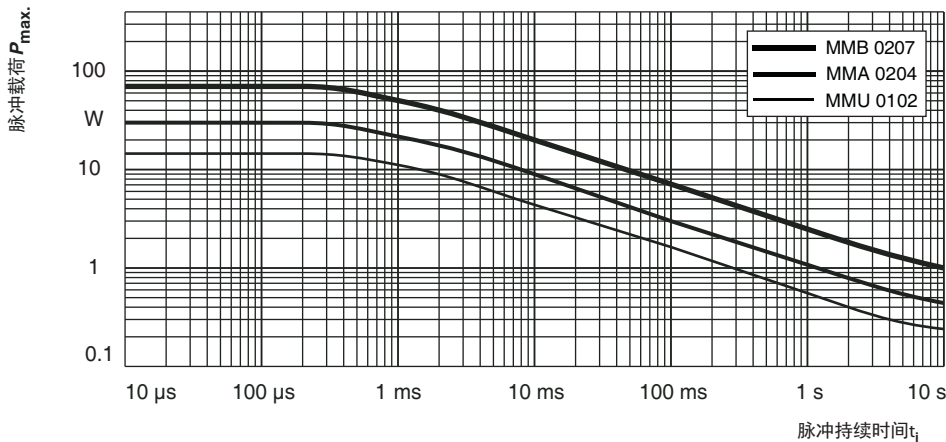


图 1 薄膜 MELF 电阻器的单脉冲图

2. 连续脉冲载荷

连续脉冲载荷的平均值 P 必须根据下面的公式进行计算：

$$P = \bar{p} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) \times dt \leq P_{70}$$

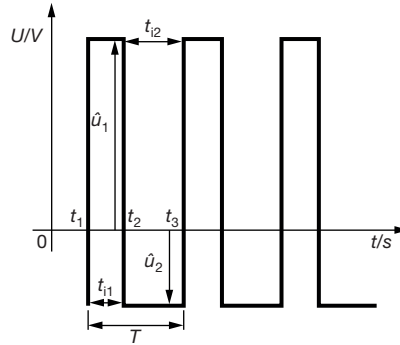
对于高于临界电阻 R_{crit} 的电阻值，额定功耗由电阻值和限制元件电压决定：

$$R_n \geq R_{crit} = \frac{U_{max}^2}{P_{70}}$$

$$P_{70} = \frac{U_{max}^2}{R_n}$$

线性固定电阻器的脉冲载荷处理

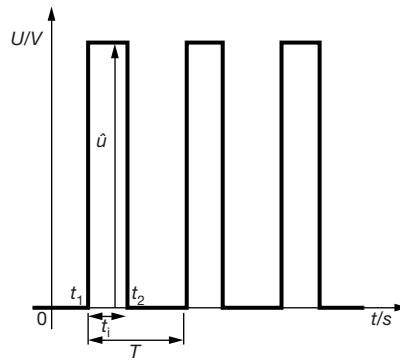
2.1. 对于连续矩形脉冲，脉冲平均功率的计算为：
具有交流电压幅值的矩形脉冲：



$$P_{\text{rec}} = \frac{1}{T} \times \frac{1}{R} \times (\hat{u}_1^2 \times t_{i1} \times \hat{u}_2^2 \times t_{i2})$$

其中 $t_{i1} = t_2 - t_1$
并且 $t_{i2} = t_3 - t_2$

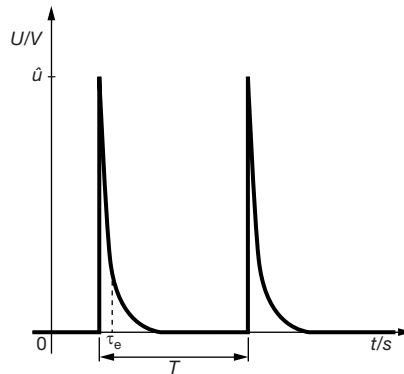
具有正电压幅值的矩形脉冲：



$$P_{\text{rec}} = \frac{t_i}{T} \times \hat{P} = \frac{t_i}{T} \times \frac{\hat{u}^2}{R}$$

其中 $t_i = t_2 - t_1$

2.2. 对于连续指数脉冲，脉冲平均功率的计算公式为：



$$P_e = \frac{1}{T} \times \frac{\tau_e}{2} \times \hat{P} = \frac{1}{T} \times \frac{\tau_e}{2} \times \frac{\hat{u}^2}{R}$$

其中 $\tau_e = R \times C$ or $\tau_e = \frac{L}{R}$

线性固定电阻器的脉冲载荷处理

2.3. 脉冲载荷图

连续脉冲载荷图显示具有正电压幅值的矩形脉冲波形的最大额定峰值脉冲载荷。具有正幅值的矩形脉冲的公式显示，功耗不仅取决于峰值功率，还取决于持续时间 t_i 和周期 T 。

$$P_{rec} = \frac{t_i}{T} \times \hat{p}$$

要创建可读的图表，必须对持续时间与周期时间的反比进行限制。虚线是对单功率脉冲的峰值功率限制。

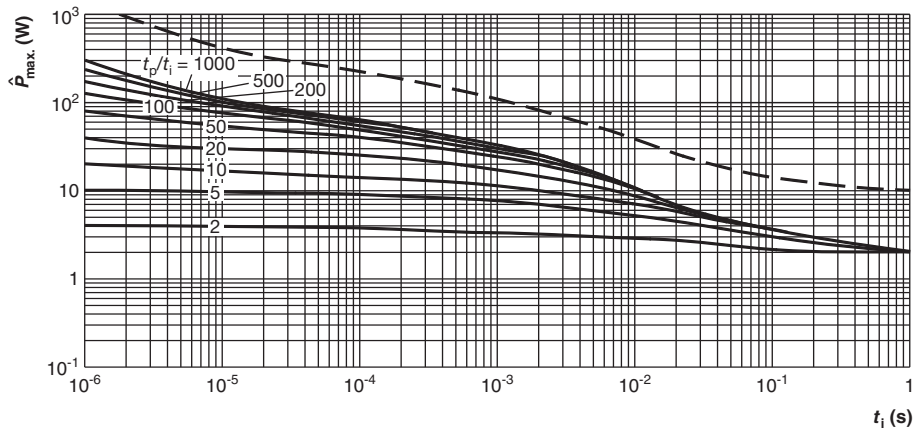


图 2 定期脉冲；允许最大峰值脉冲功率作为脉冲持续时间 (t_i) 的函数

显示连续脉冲峰值功率能力的另一种可能性是，不显示周期 T 和持续时间 t_i 的比率，而是仅仅显示指定持续时间 t_i 在不超过额定功耗 P_{70} 的情况下的允许最大峰值功率。

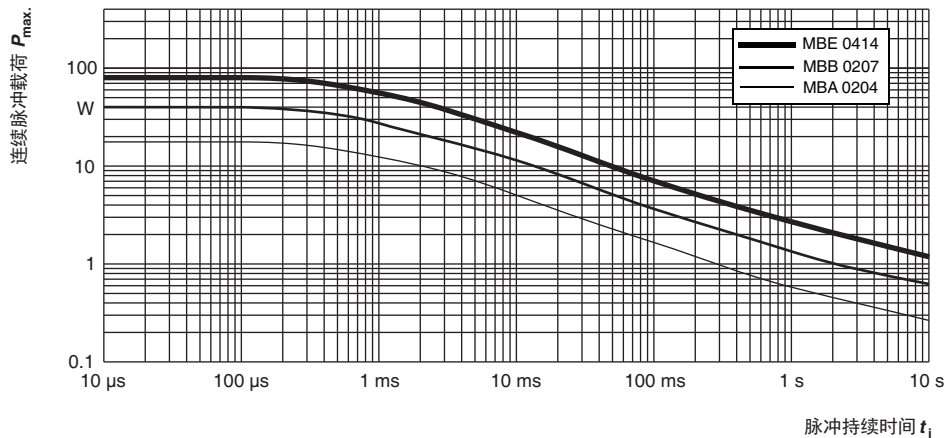


图 3 最大脉冲载荷，连续脉冲；针对相当于工作 8000 小时的允许电阻变化

设计人员必须利用下面的公式计算额定频率，并将结果与应用的频率相比较。如果应用的频率低于或等于额定频率，则电阻器适合目标应用。

$$P_{rec} = \frac{t_i}{T} \times \hat{p} \leq P_{70}$$

$$f_{rated} = \frac{1}{t_i} \times \frac{P_{70}}{\hat{p}}$$

$$f_{appl} \leq f_{rated}$$

矩形或指数连续脉冲等其他脉冲波形，可在与针对单脉冲所述的相同条件下转化为相似的矩形脉冲。这些计算的结果可与数据表中的数据图相比较。

线性固定电阻器的脉冲载荷处理

对于薄膜电阻器而言，连续脉冲允许载荷根据 8000 小时以后的扩展耐久性试验（薄膜温度为 125 °C）所得出的电阻变化确定。

3. 脉冲电压限值

电阻值高于临界值 R_{crit} 的电阻器必须防止高压脉冲。这对于单脉冲和连续脉冲是有效的。这种限制可防止电阻器元件的高电场强度。

专业薄膜扁平芯片电阻器的允许最大脉冲电压的示例，如图 4 所示。对于薄膜电阻器而言，允许脉冲电压根据 8000 小时以后的扩展耐久性试验（薄膜温度为 125 °C）得出的电阻变化确定。

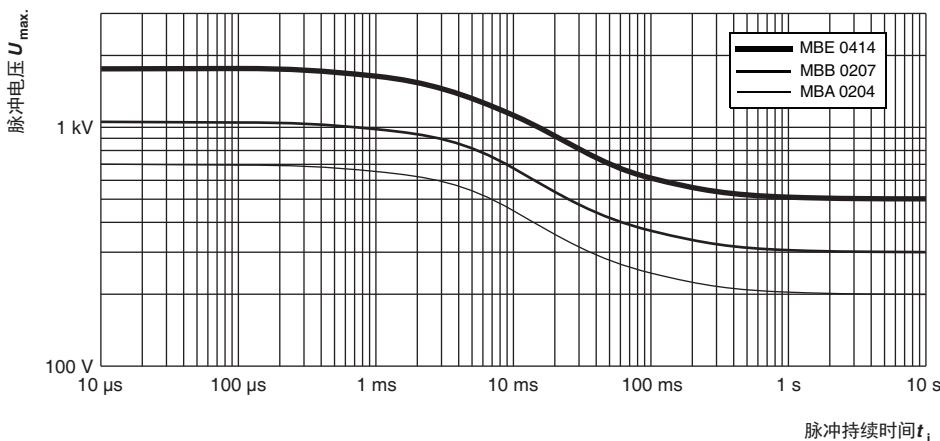


图 4 最大脉冲电压，单脉冲和连续脉冲

4. 脉冲载荷额定值符合 IEC 60115-1,4.27

如第 1、2、3 章所述，允许脉冲载荷取决于脉冲的波形和持续时间。标准照明脉冲（LEMP）是针对电子和电气设备的主要 EMC 测试脉冲之一。EN 标准 EN 60115-1 条款 4.27 定义了产生高压单脉冲的两种不同的脉冲发生器（源脉冲）：

- 1.2/50 μ s
- 10/700 μ s

斜线前显示的值是脉冲电压的前端时间 $T1$ （单位 μ s），斜线后的数字是到峰值的半值 $T2$ 的时间，如图 5 所示。

测试条件为：

- 1.2/50 μ s 的 5 个脉冲，周期不少于 12 秒
- 10/700 μ s 的 10 个脉冲，周期不少于 1 分钟

线性固定电阻器的脉冲载荷处理

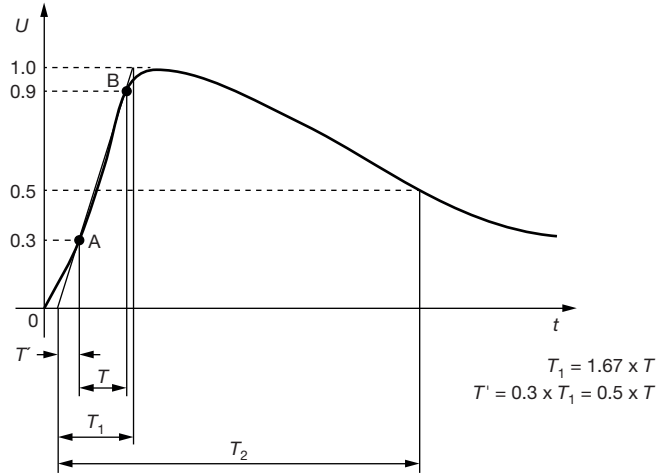


图 5 1.2/50μs 或 10/700μs 高压单脉冲

作为对比不同电阻器类型的一种方法，并作为出于开发目的的指导价值，可应用符合 IEC 60115-1 条款 4.27 的脉冲载荷能力。一个例子是碳膜 MINI-MELF 电阻器 CMA 0204 的脉冲载荷能力，如图 6 所示。

对于薄膜电阻器而言，该图给出的电压限值，会产生 0.5% 的最大电阻值变化。超过限值，可能导致这种变化呈指数级上升，并会造成电阻器毁坏。

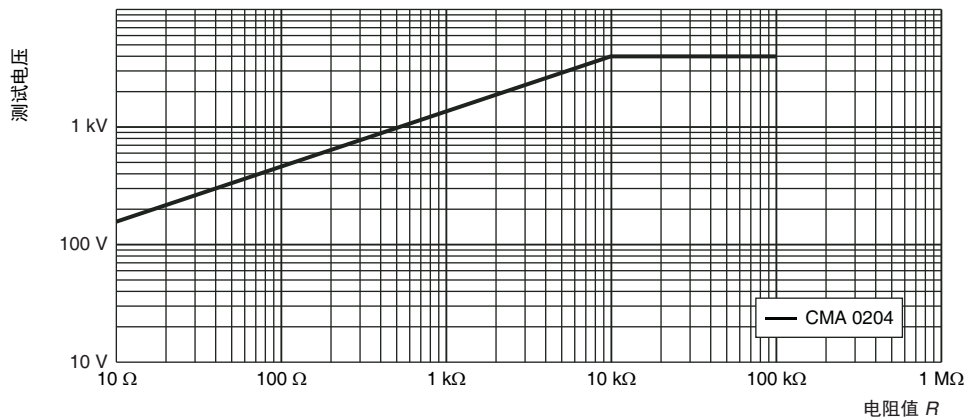


图 6 碳膜 MINI-MELF 电阻器 CMA 0204 的源脉冲能力