

如何正确使用保险丝

AEM科技(苏州)有限公司

陈峰

2009年11月12日

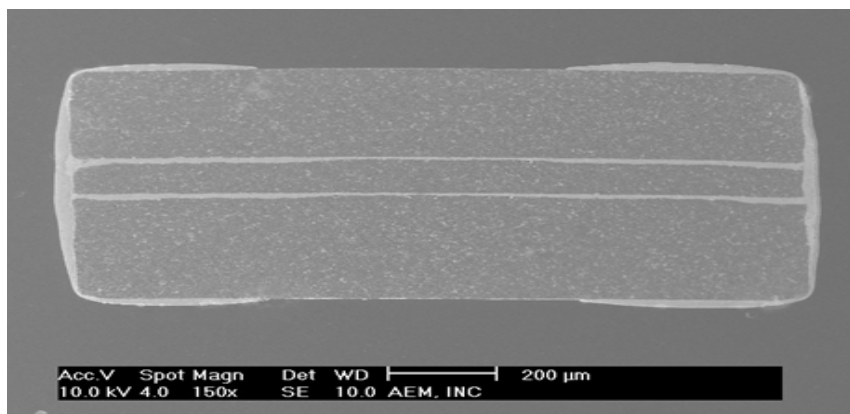
AEM概况

美国总部：加利福尼亚州圣迭哥
创立年份：1986年

中国基地：苏州工业园区
创立年份：2001年

各地办事处：
北京、深圳、台湾、韩国首尔、
日本东京、新加坡等地

主要产品：
SolidMatrix® 表面贴装片式熔断器
表面贴装片式电感、磁珠、压敏电阻、ESD



AEM 主要产品

- 主要产品分类

- **SolidMatrix® Surface Mount Chip Fuses**

- 1206/0603/0402 FA Series
- 1206/0603 HI Series
- 1206/0603 SB Series
- 1206HA/HB Series (NEW)
- 0603FF Series (NEW)
- 2410AF2 Series (NEW)



- **ESD Protectors**

- **Mount Multilayer Varistors**

- ES Series
- NA Series
- HA Series



- **Multilayer Ferrite Power Beads /Multilayer Ferrite/Ceramic Inductors**

- MCB Series Beads (General Use/High Speed/High Frequency)
- MBA Multilayer Ferrite Chip Bead Arrays
- MCP Multilayer Ferrite Power Beads(High Current)
- MCB Series Beads (General Use/High Speed/High Frequency)
- MCI/MHI Multilayer Ferrite/Ceramic Inductors

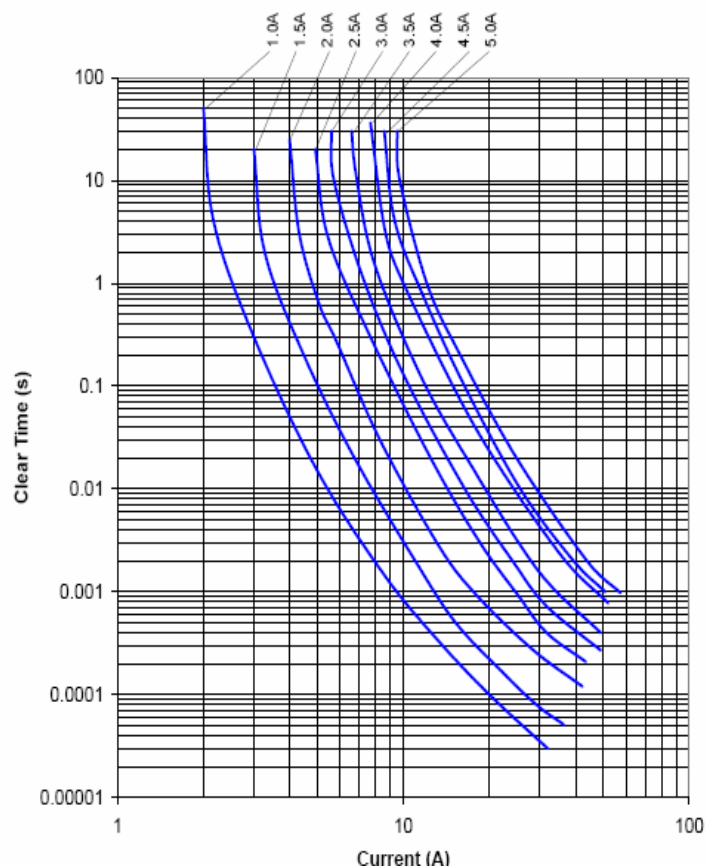


- 什么样的保险丝才是好的保险丝
- 选择保险丝的十大要素
- 大家关注的若干问题
- 附件：实际案例

什么样的保险丝
才是好的保险丝？

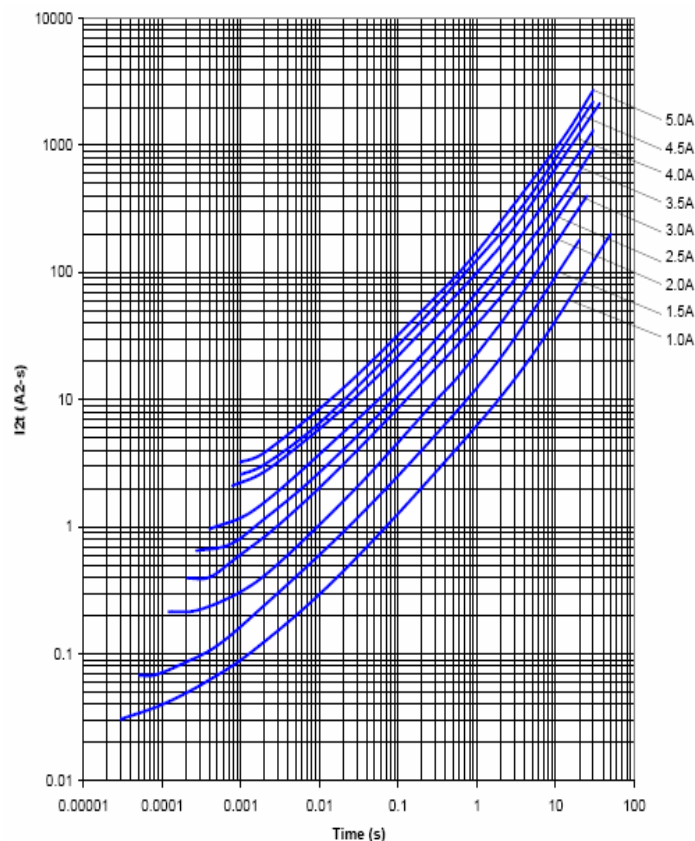
一.该断的时候要断

- 选择恰当熔断特性的保险丝品种和恰当的额定电流规格才能满足保险丝的保护功能。
- 保险丝的保护功能决定了保险丝在需要的时候必须动作。



二. 不该断的时候不能断

- 选择有恰当熔化热能值的保险丝品种规格和放大足够并合理的安全余量才能满足保险丝的承载功能（耐脉冲能力）。
- 保险丝的承载能力保证了保险丝在绝大部分时间里的正常工作。



三.任何时刻必须保证安全

- 选择具有足够分断能力和额定电压的，并获得必要的应用地区的安全认证的保险丝品种，才能满足保险丝的安全功能。
- 保险丝的安全功能确保了保险丝在任何条件下的绝对安全。

选择保险丝的十大要素



选择保险丝的十大要素

- ---- 额定电流;
- ---- 额定电压;
- ---- 小环境温度;
- ---- 电压降 / 冷电阻;
- ---- 熔断特性: 过载能力,
时间 / 电流特性;
- ---- 分断能力;
- ---- 熔化热能值;
- ---- 耐久性 (寿命);
- ---- 结构特征: 外形 / 尺寸,
安装形式;
- ---- 安全认证。

1. 额定电流---In

- 额定电流是公称额定电流，通常就是：
电路能够长期工作的最大电流值，不是动作电流。
- 正确选择保险丝的额定电流值，必须作如下考虑：
 - UL规格保险丝过载能力弱，额定电流 $I_n = I_r / O_f$
这儿 I_r 是电路工作电流， $O_f=0.75$ ，是保险丝的电流折减率
例如电路工作电流 $I_r=1.5A$ 时，至少应选择 $1.5/0.75=2A$ 的保险丝
 - IEC规格保险丝过载能力强，不需折减，即: $I_r = I_n$
- 如果特殊的额定电流不是通用数值，应选最邻近的较高值。
错误的选泽：把希望保险丝熔断的电流值作为额定电流值
直接把电路的稳定工作电流作为额定电流值

2. 额定电压---Un

- 额定电压是指它的公称额定电压，通常就是：
保险丝断开后能够承受的最大电压值。
- 保险丝通电时两端所承受电压大大小于其额定电压，因此
额定电压基本上无关紧要。
正确选择保险丝额定电压应该等于或大于电路电压
例如: 250V的保险丝可以用于125V或更低电压的电路
- 关于保险丝的额定电压应考虑: 低电压电路发生故障过流
时，有可能熔断不彻底
认识的误区: 保险丝的额定电压必须跟电路电压一致!

3. 小环境温度

- 不管UL还是IEC规格, 保险丝各项指标都是在25 °C环境的数据
- 如小环境温度较高, 则要考虑温度折减

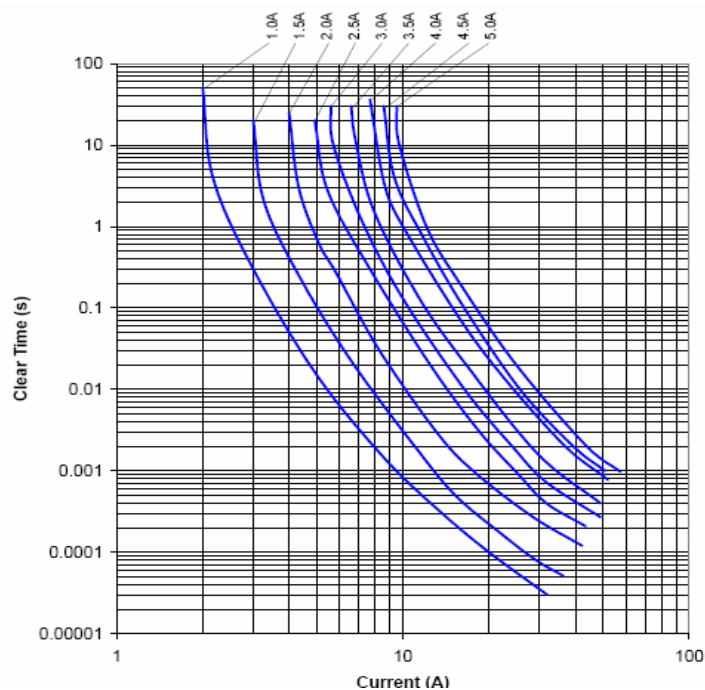
4. 电压降/冷电阻---Ud/R

- 一般情况下，保险丝的电阻值与它的额定电流值成反比。
- 在保护电路中要求保险丝阻值越小越好，这样它的损耗功率就小；因此在保险丝技术参数中规定了最大电压降或冷电阻值，但不作为产品验收依据。
- 电压降：通以直流额定电流，保险丝热平衡后所得读数。
冷电阻：小于10%额定电流下测得的读数
保险丝的电压降和冷电阻可以互相换算。
- 小规格保险丝电压降对低压电路的影响较大，务必注意！
极端低电压情况下由于保险丝电阻太大会无法输出需要的工作电流。

5. 熔断特性

- 熔断特性也称保险丝的时间/电流特性、**I-T**特性或安秒特性，保险丝最主要的电性能指标，熔断特性用曲线和表来表示
- 熔断特性曲线标明了不同电流负载跟相应熔断时间的函数关系，供设人员选用时的参考（见下左图）；
- 熔断特性表标明了若干测试电流负载下熔断的时间范围。供验收人员测试判断的依据（见下右图）
- 保险丝需要有一定的过载能力：
UL规范保险丝的最大不熔断电流是 $110\%I_n$ ；
IEC规范保险丝的最大不熔断电流是 $120\%I_n$ 或 $150\%I_n$
- 保险丝也要求在超过限量的过载电流能及时地烧断：
UL规范保险丝的最小熔断电流在 $130\%I_n$ 左右；
IEC规范保险丝的最小熔断电流在 $180\%I_n$ 左右

5. 熔断特性 (续)



% of Ampere Rating	Opening Time at 25° C	
	Min.	Max.
100%	4hours	
200%	1sec.	120sec.
300%	0.1sec.	3sec.
800%	0.002sec.	0.05sec.

- 不同类型电路需要使用不同熔断特性的保险丝
 - 阻性电路或保护敏感器件--- 快熔断
 - 容性和感性电路或有较大脉冲电路--- 慢熔断

6.分断能力

- 分断能力也称为最大分断能力或遮断电流,单位是安培。
- 保险丝最主要的安全指标。它表明了保险丝在额定电压下能安全切断的最大电流。当流经保险丝的电流相当大以至短路的时候,仍要求保险丝能安全分断电路,不带来任何不安全现象:破碎、燃烧、喷溅、爆炸,或引起周围人身或其他零件的破坏等。
- 分断能力取决于保险丝的结构和材质,一般来说低分断能力管状保险丝大部份都是玻璃的,高分断能力通常用陶瓷壳体,其中许多还填充有纯净细颗粒状石英材料
- 选用原则: 保险丝所在电路中可能出现的最大短路电流不应超过保险丝的额定分断能力(瞬间脉冲电流除外)

7. 熔化热能— I^2t

- 熔化热能值(I^2t)是指熔体熔断时的能量值, 表示了保险丝能够承受浪涌的能力, 其中 I 为过载电流, t 为熔断时间
- 保险丝熔断所需的能量-- I_f^2t , 浪涌脉冲所释放的能量-- I_r^2t
当 $I_r^2t > I_f^2t$ 时保险丝被熔断, $I_f^2t < I_r^2t$ 保险丝能承受
- 几种典型波形的 I^2t 计算方法(见下图)

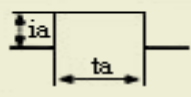
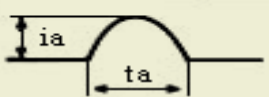
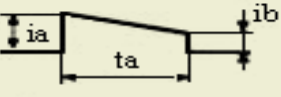

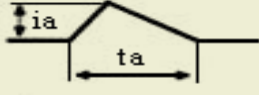
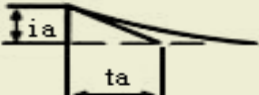
波形	I^2T 值计算公式	波形	I^2T 值计算公式
 矩形波	$i_a^2 t_a$	 正弦波	$(1/2) i_a^2 t_a$
 梯形波	$(1/3)(i_a^2 + i_a i_b + i_b^2) t_a$	 变形波	$(1/5) i_a^2 t_a$
 三角形波	$(1/3) i_a^2 t_a$	 充、放电波	$(1/2) i_a^2 t_a$

表 2

7. 熔化热能— I^2t (续1)

- 保险丝承受浪涌冲击时会受到损伤,从而略微降低它的 I_f^2t , 通过计算和选择 I_f^2t 和 I_r^2t 的关系,可以预算保险丝能够承受的脉冲次数,反过来说需要熔断器能够承受多少次以上的浪涌冲击,就必须预留 I_f^2t 的安全系数。

AEM 熔断器的 I_f^2t 和 I_r^2t 的大概关系

$I_r^2t \leq 30\% I_f^2t$	100,000次
$I_r^2t \leq 38\% I_f^2t$	10,000次
$I_r^2t \leq 48\% I_f^2t$	1,000次

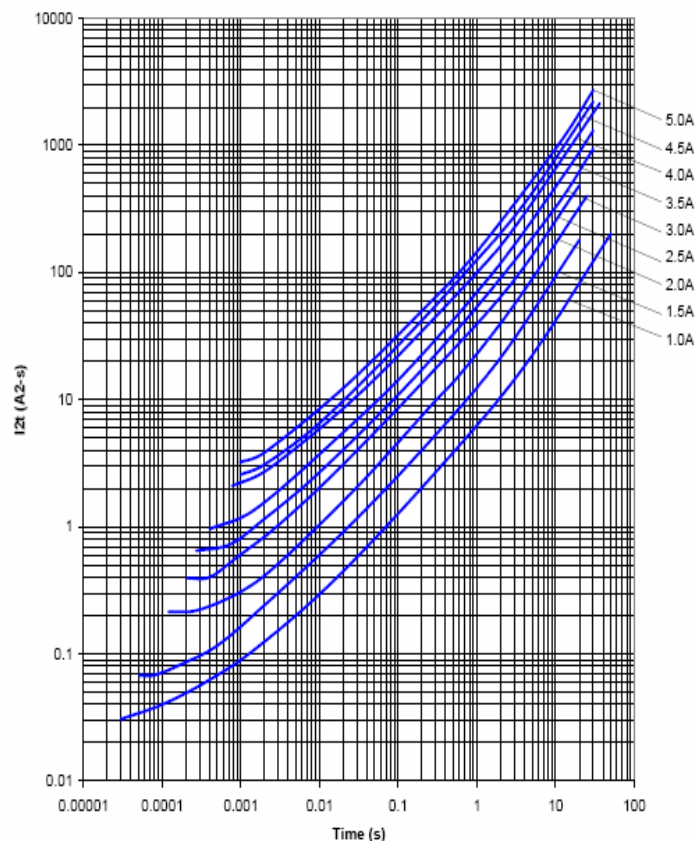
Littelfuse 保险丝的 I_f^2t 和 I_r^2t 的大概关系

$I_r^2t \leq 22\% I_f^2t$	100,000次
$I_r^2t \leq 29\% I_f^2t$	10,000次
$I_r^2t \leq 38\% I_f^2t$	1,000次

- 选用原则: 首先必须考虑 $I_f^2t > I_r^2t$, 然后根据需要承受的浪涌次数预留安全系数

7. 熔化热能— I^2t (续2)

- 熔断器的熔断时间跟电流产生的热量, 散热条件及熔断器的热容特性等都有关, 许多因素都会影响熔断器的熔断时间, 所以熔断器在不同的分断电流或分断时间会有不同的 I_f^2t , 也就是说 I_f^2t 并不是一个常数
- I_f^2t-t 曲线就是反映不同熔断时间时熔断器的 I_f^2t 值(见右图), 与熔断特性曲线类似, I_f^2t-t 曲线也是提供给设计人员选择保险丝时参考用的



8. 耐久性/寿命

- 保险丝的寿命是很长的，在无故障的情况下几乎与设备的寿命是可以同步的
- 测试 IEC 规格的小型管状保险丝寿命的方法：在直流电源条件下，以 $1.20 I_n$ （或 $1.05 I_n$ ）电流导通一小时，断开15分钟，连续100个周期，最后再以 $1.5 I_n$ （或 $1.15 I_n$ ）电流导通一小时，期间不能有熔断或其他异常现象。
- 在室温下通80%的额定电流值 (75% for $<1A$ fuses)，能够持续工作2000小时以上。
- 保险丝的储存期，在正常条件下一般是1-2年，到期经复检合格后可再行储存。

9. 结构特征和安装形式

- 结构特征
- 管状：玻璃管-低分断能力，陶瓷管-高分断能力；
填充细粒石英沙-用于灭弧，玻璃管变色-熔断指示；
内焊式与外焊式；
加引线套帽-用于焊接(有时需先将引线成型)
- 微型：电阻式，晶体管式
- 表面贴装：薄膜式-PCB/陶瓷，多层独石，
中空型- PCB/陶瓷
- 其他：插片式，螺栓式，密封式，报警式
- 熔体结构：圆丝，扁丝，单丝，双丝，复合丝；
直线状，波浪状，锯齿状；
片状熔体（带一个或多个瓶颈部份）
组合熔体：熔丝缠绕，加锡球，加金属片/电阻等

9. 结构特征和安装形式(续)

- 安装形式
- 面板安装: 保险丝盒, 保险丝插座... ..
- 底板安装: 保险丝夹, 保险丝夹座... ..
- 印刷线路板安装:
- 插件安装 (波峰焊): 径向引线, 轴向引线... ..
- 表面安装 (红外焊, 回流焊): 多层独石, 薄膜式... ..
- 有时需要在管外加热缩套管, 使保险丝与周围元件绝缘
- 悬挂式安装: 保险丝套

- 外形尺寸
- 管状—直径X长度
- 微型—孔径X孔距
- 表面贴装—焊盘: 长X宽 两端距离

10. 安全认证

- 保险丝是一种安全元件，它的质量直接关系到人身和财产的安全。作为一个安全元件必需经过有关机构的认证，才能生产，销售和使用。许多国家（地区）都对保险丝有各自的认证要求，经过认证并具有相应标记的保险丝才会被允许进入该国（地区）市场。
- 常用主要安全认证：
 - **IEC规格：** 英国BSI 德国VDE 瑞典SEMKO 中国CCC
 - **UL规格：** 美国UL列表/UR认可 加拿大CSA
 - **其他规格：** 日本PSE

大家关注的若干问题



慢熔断与快熔断有什么不同的性能和应用

- 慢熔断保险丝的 $I^2t >$ 快熔断保险丝的 I^2t ,
- 阻性电路（没有或很少浪涌）-- 快熔断保险丝
保护IC等敏感贵重器件的电路中-- 快熔断保险丝；
- 容性或感性电路（开关机时有浪涌）-- 慢熔断保险丝
电源部分-- 慢熔断保险丝；

异品牌、同额定电流的保险丝能够直接替换吗

- “时间-电流特性曲线”和“时间-能量特性曲线”才能反映保险丝性能
- 保险丝标准的数据范围是相当宽的，不同品牌保险丝存在一定差异，
- 实际性能和特性曲线还存在一定的差异

保险丝的分断能力在实际应用中有什么意义？

- 保险丝的分断能力跟它的电气性能没有直接关系
- 只要电路中的过电流不超过保险丝的分断能力，就能够保证安全地切断电流，不发生任何不安全的现象
- 分断能力、额定电压和安全认证是保险丝的安全指标
额定电流、熔断特性和熔化热能是保险丝的性能指标

哪些因素会影响保险丝的性能

- 不恰当的选型
- 自身内阻—初始内阻和老化后内阻变化都会导致保险丝熔断变快
- 连接—连接部位接触电阻增大同样使熔断变快
- 散热条件:
 - 环境温度和通风情况
 - 连接导线/PC板走线的截面积和长度
 - 焊盘尺寸/夹具表面积

一次性保险丝和可恢复保险丝的异同

- 可恢复保险丝是正温度系数的热敏电阻，通过PTC材料的电阻值对温度的正相关及在居里点时的突变而起到电路保护作用的，原理跟保险丝完全不同
- 重要器件或电源保护—一次性保险丝
反复脉冲过电流保护—可恢复保险丝

	内电阻	对电流敏感度	耐温性	动作速度	老化速度	漏电流	安全性
一次性保险丝	小	高	高	快	慢	无	强
可恢复保险丝	大	低	低	慢	快	有	弱

保险电阻能起到保险丝的作用吗

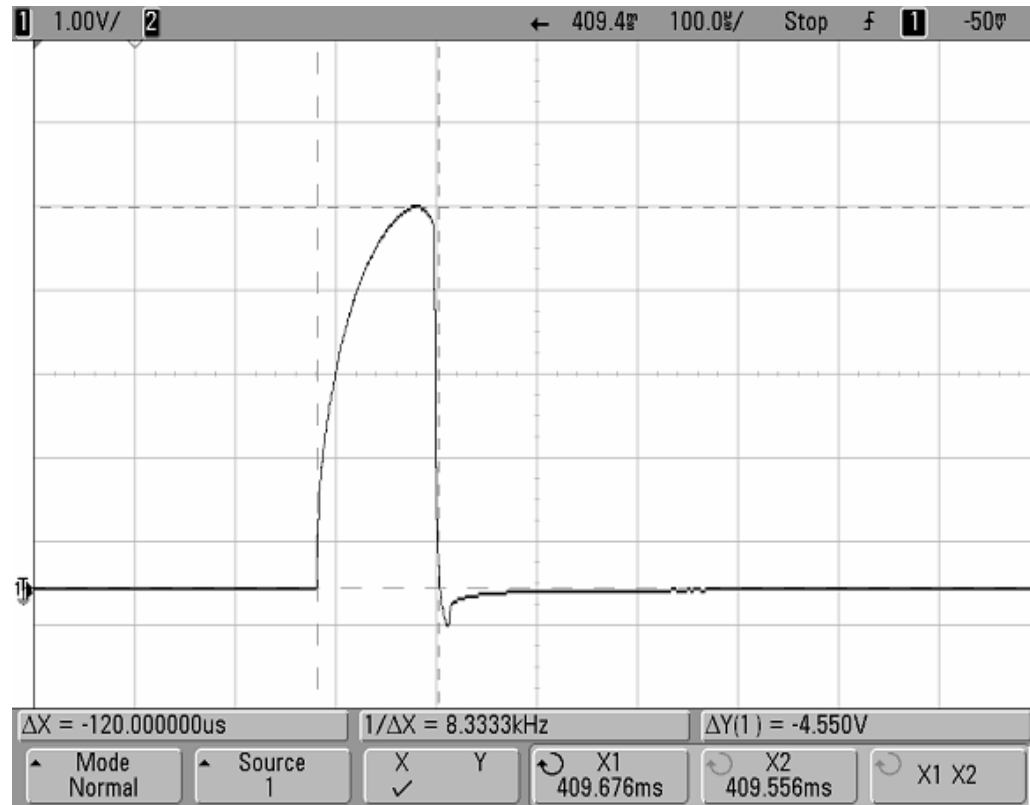
- 电阻具有类似保险丝的功能
- 保险丝的保护功能、承载功能和安全功能，保险电阻不完全具备
- 保险电阻的熔断特性和熔化热能等性能指标不精确，只能保证短路分断
- 保险电阻不属于安全元件

附：实际案例



Inverter应用已知条件

- 应用要求: *Inverter*
- 熔断器尺寸: 1206
- 应用电压: 12V DC
- 应用电流: 500mA
- 环境温度: 65 °C
- 脉冲电流波形如图
- 45.5A@120 μs
- 需要承受100,000次



电流折减和温度折减

- 保险丝电流折减系数:

$$O_f = 0.75$$

65°C时的温度折减系数:

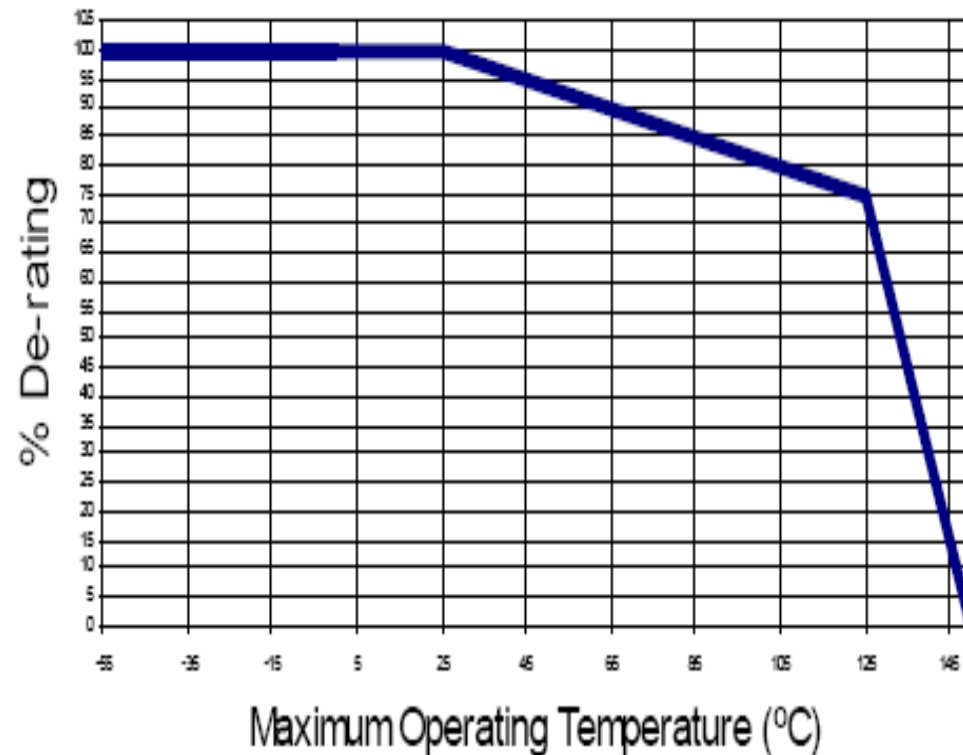
$$T_f = 0.9$$

- 初选保险丝额定电流:

$$I_n = 0.5 / 0.75 / 0.9 = 0.74A,$$

我们需要选用额定电流为
0.75A或以上的熔断器

Temperature Effect on Current Rating



额定电压和分断能力

- AEM提供的所有系列的0.75A及以上保险丝的额定电压最小为24V, 均超过了项目要求的12VDC, 所以额定电压没有问题
- Inverter的浪涌电流峰值45.5A, 小于AEM片式保险丝的额定分断能力50A, 分断时的安全性不会有问题, (如果浪涌峰值大于50A, 则需要从功率角度来考虑)

种类及熔断特性

- 指定要1206尺寸的片式表面贴装保险丝, AEM片式保险丝都已获得UL认可, 得到权威第三方的认证, 能够保证运行的安全
- 由于该电路中有很大的脉冲电流, 峰值45.5A超过正常工作电流500mA许多倍, 又是应用于电源部分的保护, 所以我们建议选用HI系列或SB系列的熔断器

耐脉冲能力

– *I_r^2t calculation:*

$$\begin{aligned} I_r^2t &= (45.5^2 \times 120) \times 0.5 \times 1e-6 \\ &= 0.124215 A^2s \end{aligned}$$

100,000 次冲击:

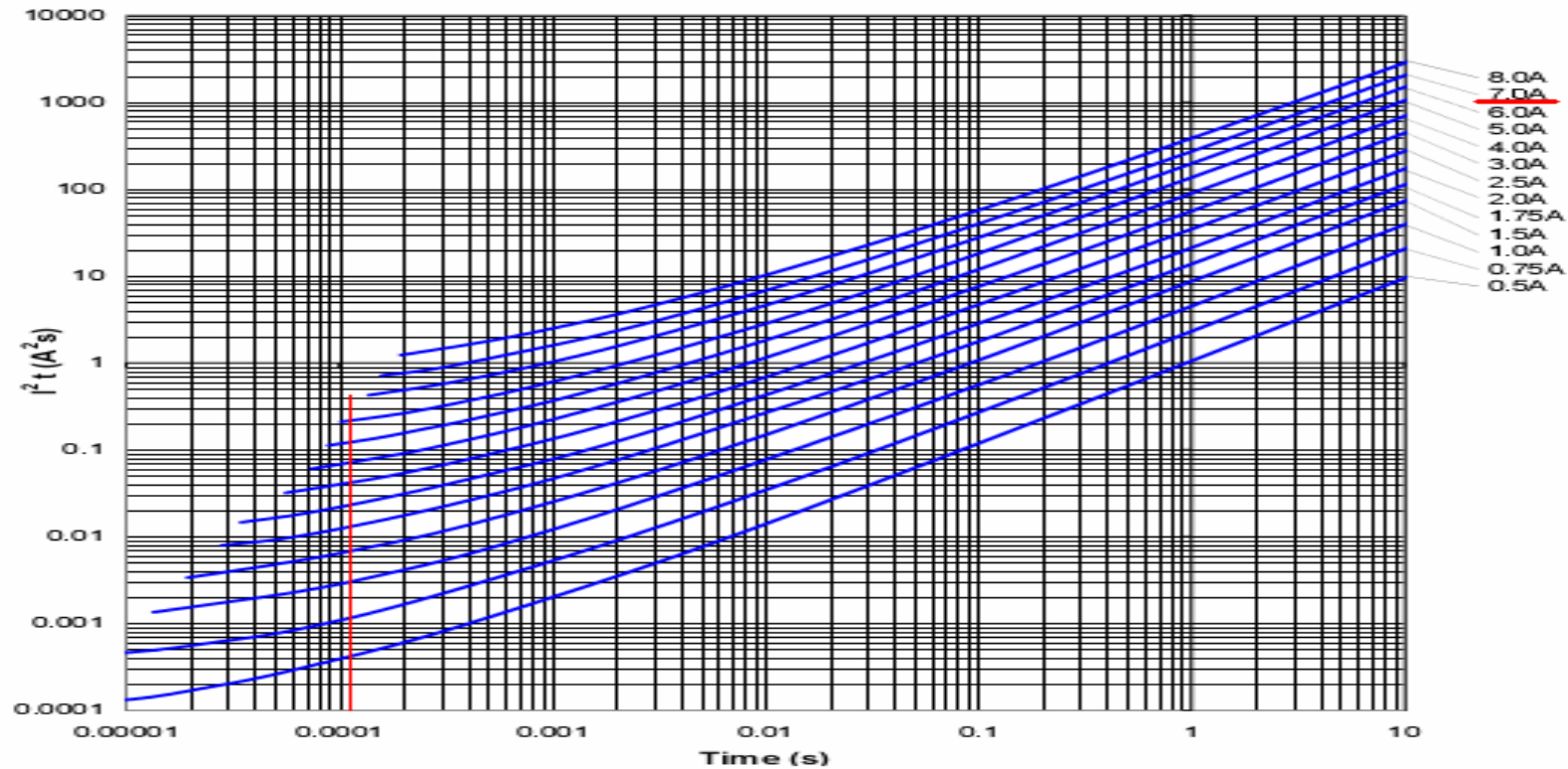
$$I_f^2t \geq 0.124215 / 30\% = 0.41405 A^2s$$

保险丝选用

SolidMatrix® 1206 Fast Acting Surface Mount Fuses



I^2t vs. t Curves



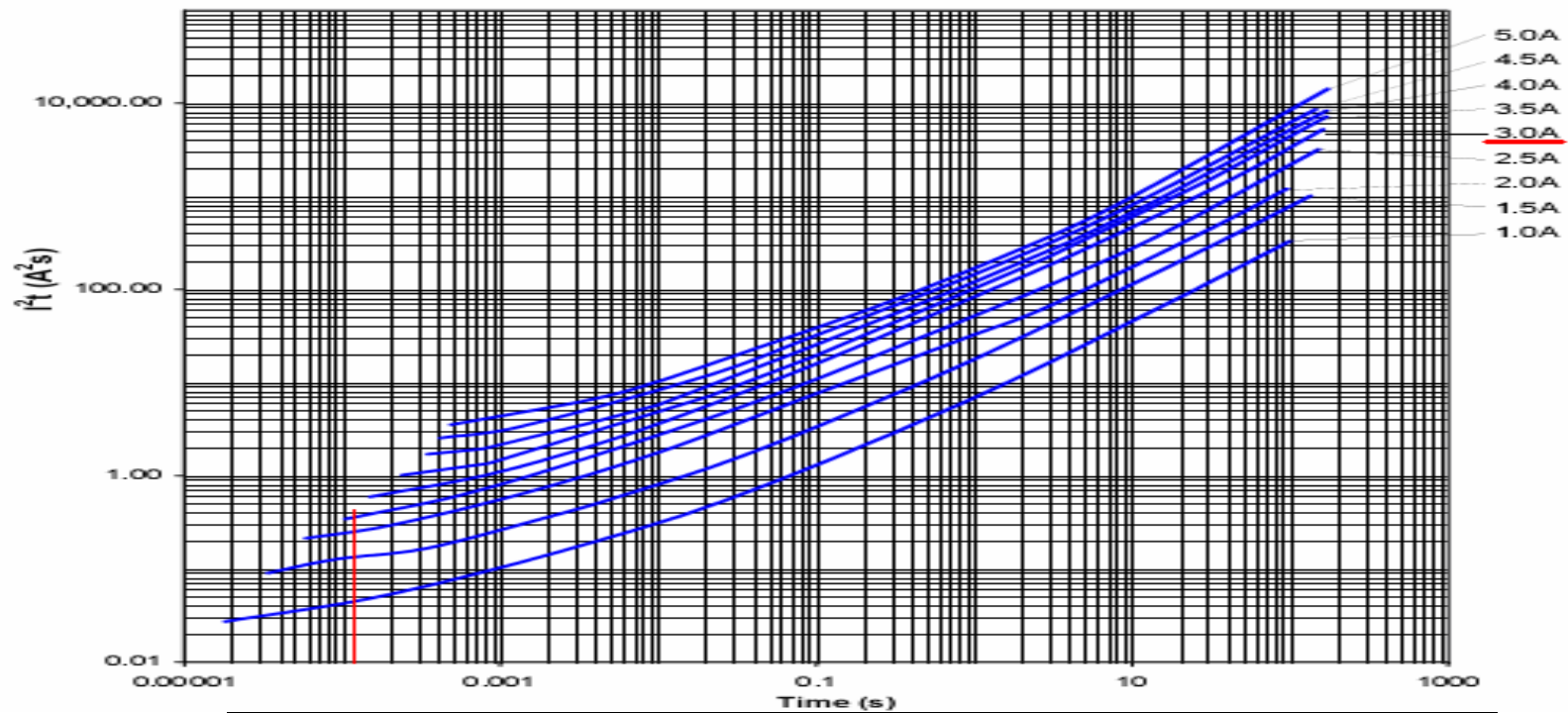
Part Number	Current Rating (A)	Voltage Rating (VDC)	Nominal Cold DCR (Ω) ²
F1206FA7000V024T	7.0	24	0.011



保险丝选用

SolidMatrix 1206 High Inrush Current Surface Mount Fuses

I^2t vs. t Curves



Part Number	Current Rating (A)	Voltage Rating (VDC)	Nominal Cold DCR (Ω) ¹	Nominal I^2t (A^2s) ²
F1206HI3000V032T	3.00	32	0.035	1.35



分析评估综合选择

- 通过上面计算,我们三个可选的方案:
- 1206FA-7A,1206HI-3A 和1206SB-3A
- 进行比较分析:
 - ** 这三个产品都已获得UL的安规认证;
 - ** 从保护功能角度看,HI 和SB 系列所选规格都是3A,接近计算所得的电流规格0.75A,比较理想,而FA 系列则选7A,保护功能弱;
 - ** 从耐脉冲能力角度看,计算后所选FA,HI 和SB 系列都能满足要求,SB-3A 最强,HI-3A 次之,FA-7A 最弱;
 - ** 从成本角度看,FA 最低,HI 次之,SB 最高;
- 进行综合评估,得出结论:
 - **1206HI-3A 是该案的最佳选择,性价比最高.
 - **1206SB-3A 是成本略高的更可靠选择.
 - **1206FA-7A 是降低保护功能的低成本选择.

还有其他问题吗？