

电力机车半导体保护熔断器与普通工业用快速熔断器的区别

曾敏 西安开尔泰电力电子制造有限公司

摘要：国内电力机车快速熔断器的设计原则。短路保护作用和应用指南。

叙词：快速熔断器 喷弧 爆炸 熔断器 低压电器

西安开尔泰电力电子制造有限公司研究电力机车专用熔断器，研究的目的是解决电力机车变流装置保护用熔断器爆炸、喷弧、爆裂、快熔不保护而造成机破、机故的问题。

1. 目前电力机车变流装置保护用熔断器主要表现以下问题：

1.1 爆炸：此种情况多发生于 KP、ZP 管击穿短路或瞬时过载、牵引电机环火、过电压等情况。爆炸不仅使运用机车发生机破，而且造成变流装置破损。

1.2 喷弧：此种情况多发生于过电压、过载以及主电路中存在小短路电流致使快速熔断器喷弧。

1.3 爆裂：发生情况与上述相伴生，当快速熔断器内部产生拉弧，其介质不足以灭弧时，在极短的时间内产生极大的内部压力造成爆裂。

1.4 短路时不分断：此种情况多发生在 ZP、KP 管击穿时快速熔断器不能快速分断起不到有效保护，造成机车发生窜车现象。

2. 电力机车专用快速熔断器所解决的关键技术问题：

2.1 熔体设计应能分断最小短路电流同时应保证运行可靠，当 KP、ZP 管击穿时快熔应能分断最大短路电流（极限分断能力）和最小短路电流，关键是分断最小短路电流。快熔额定电流值过大，遇有最小短路电流时不分断或长时间不分断，快熔内部产生极大的热量造成快熔爆炸；快熔电流值过小及易造成熔断。；两种情况均易造成机破或变流装置破损，快熔参数与主电路短路 I^2T 的合理匹配是电力机车专用快熔解决的主要问题。

2.2 灭弧介质的配方应有较强的灭弧性能，KP 管击穿快熔分断时，电感性主电路 1.5~2.5 倍过电压引起的电弧重燃现象也是爆炸、喷弧的主要原因，在快熔熔体设计和介质灭弧方面应予充分考虑。

2.3 熔体设计时应避开 4 倍额定电流以下的牵引电机环火和过载的冲击，在满足分断小短路电流分断时应能承受过载电流和牵引电流环火的冲击，此时主断跳以延长快熔的运用寿命。

3. 解决问题的主要措施。

3.1 设计创新

根据工业电网电器用变流器与铁路牵引供电网电力机车变流装置保护特性确定机车用熔断器的设计原则，见下表：

	普通工业用快熔特性。	机车用快熔特性。
1	变流器、用电器（电炉、电解槽等）与变电所距离恒定，网阻抗不变，所产生的短路电流恒定。	随着区间机车与车辆数的变化以及机车与供电臂距离的变化运行，网系统阻抗随之变化，所产生的短路电流值变化很大，一般在 10 倍左右。
2	用电器为低电压大电流当 KP、ZP 管击穿时变压器阀侧产生的短路电流为熔断器额定电流 30 倍以上。	机车电器较之化工电解为高电压低电流，当 KP、ZP 管击穿时变压器阀侧产生的短路电流为熔断器额定电流 6~10 倍。
3	电阻性负载，短路分断时过电压为额定电压的 1.2~1.5 倍。	电感负载，分断时过电压为 1.5~2 倍，有时甚至达 2.5 倍。
4	工作网压、电流波形稳定基本为正弦波。	网压、电流不稳定，波形畸变严重。
5	工况在一定的时间内恒定工作电压电流不变，快熔受热胀冷缩的机率小，快熔熔体机械张拉次数少，快熔寿命长。	工况随时变化，快熔热胀冷缩频繁，熔体机械张拉次数多，快熔寿命短。
6	过电压及三次谐波分量低，在快熔分断时要求其热态绝缘电阻为 0.5MΩ即可。	过电压及三次谐波分量高，在快熔分断时要求其热态绝缘电阻大于 0.5MΩ。
7	国标要求快熔的极限分断能力为 70~100KA。	电力机车专用快速熔断器极限分断能力不大于 60KA，最主要的是满足最小短路电流的分断能力。

3.2 新技术：

电力机车快速熔断器的熔体是熔断器最关键的元件，熔体材料的选择和尺寸形状的设计以及公差精度的要求将直接影响熔断器的分断特性，西安开尔泰公司制造的电力机车快速熔断器

根据法国 FERRAZ 公司和丹麦 BUSSMANN 公司的熔体学理论，将熔体截面为圆的均匀丝状或截面为矩形的带状改为变截面的圆孔带状，熔体模具冲制精度为千分之三，减少了熔断器的分散性，时间电流曲线控制在 $\pm 5\%$ 之内。它们的具体尺寸主要决定保护特性的要求以及电压的大小和性质，实现在各种短路电流下安全可靠的分断，从而为各分立元件和整车主电路提供可靠保护。

3.3 新工艺。

快速熔断器灭弧介质选用专业的石英砂填充，其形状呈光滑圆形，经大量的试验，运用考核表明选用特殊处理过的石英砂填充能够促进电弧的扩散，降低过电压，然后用专门研制的含硅酸钠盐（或钾盐）的消弧固化剂进行固化，当短路时熔断器分断，消弧剂在电弧的高温下释放出来的钠离子能限制电弧体积膨胀和弧柱等离子体的形成，使石英砂灭弧能力大为提高在进行灭弧同时把断口承受电压提升到 300V 左右,而且熔断器的试后绝缘电阻达到 $2\text{M}\Omega \sim 10\text{M}\Omega$ 。

3.4 新材质

3.4.1 电力机车专用快速熔断器选用 99.98%的纯银（Ag）作为熔体的材质，其熔点为 960°C ，电阻率 $\rho_{20^\circ\text{C}}=1.64 \times 10^{-6}\Omega \cdot \text{cm}$ 。热电常数 $C_R=8 \times 10^8\text{A}^2\text{S}/\text{cm}^4$ 。选用以上材质具有小的 I^2T 值，分断时间短的特性。

3.4.2 电力机车专用快速熔断器熔断器采用 95% AL_2O_3 瓷管(简称 95 瓷)能承受 12atm 的内部抗压能力,选用 95% AL_2O_3 瓷管的快速熔断器能够抵御快熔在分断时瞬间产生较高内部气压,避免了快熔在分断过程中出现的瓷瓶爆裂现象，从而保证了电力机车变流装置的使用的可靠性和安全性。

参考文献

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| 【1】杨国秀、罗永君、谢文明、石新地 | 8G 型电力机车 |
| 【2】黄振文、张唯 | 6K 型电力机车 |
| 【3】李晓川 | SS8 型机车列车供电电路短路分析 |
| 【4】徐南平、陈焯、张大伟、董敏清、陈守良 | 中国电工技术学会第一届电化学电源新技术研讨会 |
| 【5】陆地 | 快速熔断器电阻值与电流、温度的实验 |
| 【6】孔繁虹、王季梅、沈玉琢 | 限流熔断器的残躯电流测试研究 |

日期：2009-03-10