

The Truth of the Matter

电涌防护的实际情况

在市场中，要选择最可靠，
同时又价格合算的电涌防护器确实很困难。

然而，如果有了足够的知识和基本的鉴别常识，
作出正确的选择应该是不费力的。

下面用简明的方式讨论一些与电涌防护相关的问题。



12 Burt Drive
Deer Park New York 11729, USA
Phone: 631-586-5125
Fax: 631-586-5120
Website: www.mcgsurge.com

In China 中国:
Phone: (010) 6468-6720
Fax: (010) 6464-3551
Email: mcg@mcgchina.com
Website: www.mcgchina.com

电涌防护

知识问答：Q & A

为什么要进行电涌防护？

Why surge protection?

因为敏感电气设备的广泛使用，对电涌敏感是由于电路的密集。简单地讲，一个微型芯片就有数百万的晶体管，这就有必要讨论电涌防护问题。

易损电路的使用越来越多，而他们却工作在极为恶劣的环境中，每日承受着来自工业事故、电力网络的切换，当然，还有雷击造成的或潜在破坏性和毁坏性的电涌，最合逻辑，最经济实际的防御办法是进行电涌防护。

为最好地满足需要，首先，请您确定您想要解决的问题：

- 解决断电、欠压，选择 UPS
- 保护 UPS，选择电涌防护器
- 解决电涌问题，选用电涌防护器
- 解决 I/O 口的损坏，选用数据线电涌防护器

保护器的规格是怎样确定的？

What is the proper protection size?

电涌进入设施内将分散到整个建筑物内的配电系统。选用电涌防护器的容量取决于它要安装的位置。在建筑物入口端电涌的能量最大，通过配电系统逐步分散，经过各个分支配电盘强度逐渐减小，最后，末端配电盘经受的破坏性的电涌电流最小，并在系统的深处泄放。

MCG 保护器的产品范围从入口端主配电盘的保护器到内部设备的保护器，系列型号齐全。

为什么电涌防护离不开 MCG？

Why surge protection by MCG?

MCG 电子公司从 1967 年以来就一直专注于设计、开发和生产高质量的雷击、电涌和瞬态过压保护装置。今天普遍采用了的如模块式、冗余通路、低阻抗的“Micro-Z”导线、广泛的易维修的本地诊断功能、电涌事件监测、声音报警等设计，MCG 是很多革新技术的先驱。

一个好的电涌防护器是一个工作好、寿命长的产品。电涌防护器（SPD）该有冗余保护、模块式设计、合理的价位、售前和售后服务。

如何选择电涌防护器？

How do I choose a surge protector?

SPD 的选型者和使用者从电涌防护器生产厂家提供的不同的性能数据中来筛选电涌防护器，这项工作不令人嫉妒。必须要能对不切合实际或不真实的陈述提出质疑，技术数据应该有文件或进一步的资料进行说明和证实，如：应该用示波器的图形来证实针对特定的波形而进行的检测。技术公开是一定要的，任何不愿公开其产品技术的厂家都是值得怀疑的。

SPD 是如何工作的？

How does an SPD work?

箝制瞬态脉冲和过电压是通过和 AC 电源线并联安装的金属氧化锌压敏电阻(MOV)来实现的。MOV 在正常情况下阻值很高，察觉不到它的在线存在。任何瞬态电涌超出了门限值（通常为正常值的 115%）都将使 MOV 的阻值快速（在毫微秒内）下降给过量的电涌电流提供一条最理想的通路。有效的 SPD 将以毫微秒的速度从敏感负载外无害地分流有害电涌。当事件发生，箝制生效时，残余电压将是被保护的设 备要经受的。很明显，最理想的是将它限制在最低水平，要做到这点，一个主要的办法是降低对电涌的阻抗，这也是 MCG 出众之处。

什么是 Micro-Z?

What exactly is meant by Micro-Z?

电源线与地之间的任何阻抗都将妨碍电涌电流的入地分流。要使电涌分流有效，应具备两个必要的条件：

1. 保持连接 SPD 到 AC 电源线的导线的电涌阻抗最低，做到这点导线应该短而直。把所有的导线包扎紧并将线的全长用带裹紧。MCG 的 Micro-Z 导线压降比制作良好的传统导线低 50%。
2. SPD 内部的电涌阻抗必须降低。MCG 专利的 Micro-Z 电路设计形成了低阻抗的电涌通路，贯穿整个保护器，显著地降低了整个 SPD 内部线路的电压降。

SPD 内部的低阻抗和 AC 电源线低阻抗连接的优势结合，允许 MCG 使用高电压的 MOV 而不牺牲电涌抑制性能。高出正常线电压 +/ - 10% 的裕量使 SPD 的性能更可靠、使用寿命更长。

响应时间—应该是多快？ Response time-how fast should it be?

有的厂家说响应时间不到一毫微秒和（偶尔）不到一微微秒就箝制一个瞬变，这提醒我们应三思。一毫微秒是十亿分之一秒，我们将如何实际测量这样的速度以证实这种说法？粗看起来，由 MOV 生产厂家发行的出版文章中有这些数据，但进一步细读，他们阐述的这些数据是当 MOV 元件在无导线、同轴环境中工作的，不是真实的环境。SPD 中的 MOV 必然有导线连接电源和阻抗，这是基本常识，而这些又使得上述对响应时间的说法变得不切实际。NEMA 组织和 UL 实验室选择完全忽视“响应时间”这个指标，因为 MOV 的响应时间比任何可能出现的瞬态电涌都快 100 到 1000 倍。

临界电压和箝位电压的区别？

What is the difference between threshold voltage and clamp voltage?

临界电压是当在1mA电流被传送到输入端时SPD导通的这个点。就其本身而言，这是一个不完全的性能指标。箝位电压是当使用标准测试波形时，例如ANSI/IEEE C62.41-2002，通过示波器在SPD的端口测量出的电压。

UL1449 3rd 版标准和标识产品

UL 1449 3rd Ed. Listed

UL 标识是全球公认的安全标志。2009年UL修改了电涌防护器（TVSS）安全的测试标准，强制执行了更严格的测试，这个新版标准就是**UL1449第三版标准**。

MCG 电源电涌防护产品系列都通过了UL1449第三版的测试，带有最新的UL标志。这样广泛的产品系列被新标准测试，这是个时间密集性的项目，费用是昂贵的，而我们出于尊敬用户，这样做了。“**UL listed**”意味着带UL 标识，MCG 投入了时间和资金，我们骄傲地在我们的产品系列上合法地印上“UL Listed” 标识，因为我们通过了测试、满足UL1449 第三版标准。请点击“UL文档”查看 MCG 在 UL的产品名单和整个名录产品的详细名单。

实测的限制电压测试：

Measured Limiting Voltage Test

UL1449，第二版标准订立了比对SPD的限制范围。SPD单元的测试是在6000V、500A（波形8x20 μ s）下进行的，同时测量SVR电压。例如，UL订立的是400V的范围，如果一台SPD的测试结果为340V，另一台为390V，UL将这两个值都归为400V单元。请注意UL划分的是额定范围，在比对SPDs时，要注意SPD本身的“实际”限制水平。

UL 1449 ，第三版标准采用6 kV/3 kA 组合脉冲波形测定电涌防护器的电压保护等级值（Voltage Protection Rating (VPR) ，它类似于第二版的限制电压范围（Suppressed Voltage Rating ，SVR）的测试，关键的不同点是：与第二版标准相比，这个测试使用的电流峰（幅）值高6倍，这个较高的电流水平将意味着被测量的限制电压也将显著地更高，例如：相同的电涌防护器，其VPR比SVR要高，高电流水平的结果是高限制电压。用户熟悉测试方法的不同以及VPR值随后的结果是非常重要的。如果不考虑或不理解测试中使用的电流水平的差异，就会假设UL1449第三版标准的VPR700V值相比与UL1449 第二版标准的SVR400V，有着更高的限制电压值，这个结论是不准确的，700V的VPR产生于实测限制电压测试中使用的更高水平的脉冲电流。为了对保护器做出准确的评定，必须比较保护器的VPR值，把VPR与SVR作比较，将得出无用或非结论性的结果。

能量吸收

Energy absorption

金属氧化锌压敏电阻将分流、吸收和消耗电涌的能量。这个活动是由能量单位焦耳来计量的。焦耳，作为 SPD 的性能指标，在比较采用 MOV 技术的装置中很有用。焦耳值高，一般情况下，解释为使用寿命长。然而，生产厂应该证实公布的数据。此外，任何焦耳额定值都应附有波形图。

如果一个电涌防护器的焦耳值在 8/20us 的波形下是 4,000 焦耳，另一台在 8/20us 的波形下为 2,000 焦耳，那么，4,000 焦耳的保护器的寿命比另一台长 10 倍，因此，焦耳值很重要！

“电涌电流”(8/20us 波形), 在 MCG 的数据表中到底意味着什么？

What does “surge current” really mean on an MCG data sheet?

这是寿命值，让我们用 5000A, 10,000 次脉冲为例进行说明。这标明，SPD 可分流 5,000A 的电涌，10,000 次，也就是每一天，包括节日在内，抑制 5,000A 的电涌一次可达 27.4 年，不错！发生这种情况的可能性如何？很可能！结论是，SPD 的寿命将很长。

保护模式意味着什么？

What is meant by mode of protection?

保护模式是 MOV 的电涌元件做线对零、线对线、线对地和零对地的连接，WYE 系统为 3—线对零，3—线对地，和 1—线对零，或者说 7 种保护模式同时具备。

正弦波跟踪——真实还是谎言？

Tracking the sine wave – real or myth?

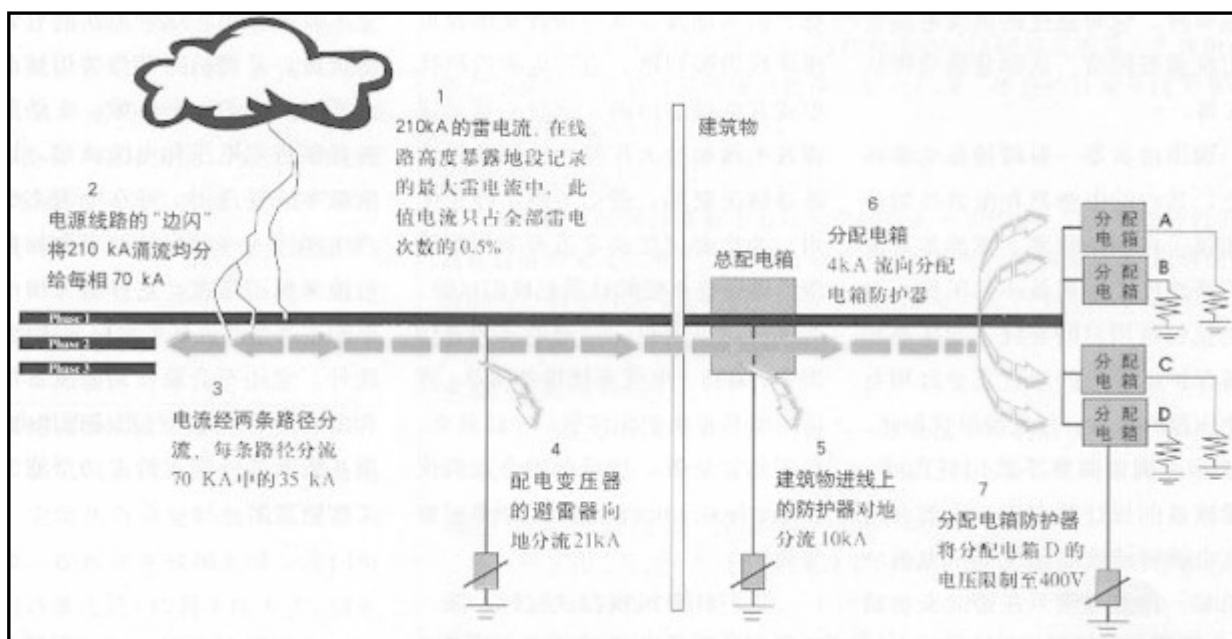
实际上，二者都是。

目的是消除电的“噪声”，一般情况下是在保护线路中加装电容器来实现的。由于电的噪声一般情况下是源自当地，如复印机、日光灯，吸尘器等，有效地解决这个问题的关键在于设备处；在建筑物入口端(在噪声之前)进行噪声的防护看起来是谎言。

Anatomy of a Lightning Strike

What You Can Expect

雷击解析



首要防线是：对建筑入口端的保护

Your first line of defense—building entry protection

记录的最大瞬态雷击电流是 210kA。目前，对电气设备威胁最大的是雷击通过架空的 AC 电源线把瞬态电涌耦合到内部的电气设备。

第二道防线是：建筑物内线路中段的保护

Your second line of defense- mid building protection

普遍的瞬态过电压的来源产生在建筑深处，由升降机、复印机、空调、电焊机等造成，分支配电盘处安装合适规格的电涌防护器可有效地抑制这些电涌到安全的电压水平。

电涌防护的经济理由

Economic Justification for Surge Protection

电涌防护器有不同的规格

Surge protectors come in different sizes

建筑物入口端的电涌防护器必须提供一个相当大的电流分流能力，而在建筑内深处的设备可使用一个小很多的保护器来处理残余的雷击和本地产生的电涌。

一个直击雷可有电涌电流达 200kA

A direct lightning strike can have surge current up to 200kA

虽然这些极高幅度的雷击瞬态电流脉冲相对在数量上很少，但这些可能的事件必须被严肃对待。如果该现场有过直击雷的历史，对高塔的邻近雷击、对工业烟囱的雷击或对停车场地的雷击，这些情况需要一个相当大的电涌防护器装置在建筑入口处才能够安全、快速、可靠地分流非常大的电涌电流。

大部分雷击是中等规模的，然而，它们发生的更经常，电涌电流在 10kA 到 50kA，100kA 的也很普遍。曾经估计过，在美国的 48 个州中，每年的雷击频率都在 9,000,000 到 20,000,000 次。

另一个要考虑的因素是经济费用

Another factor to consider is the economic costs

和设备的损坏或干扰、失去生产能力和工人的生产率相关的经济费用。在关键的设施中这些意外的费用，如银行、机场、生产工厂、办公建筑等将是最大的电涌防护器费用的许多倍。小型的电涌防护器可使用在建筑物内的深处，折合每天的费用明显地更低。

系统保护建议

System protection recommendations

下图显示了楼宇内一个典型的电力分配系统，以及贯穿整个系统的合适型号的电涌防护器的使用方案。

建筑物电源总入口配电箱

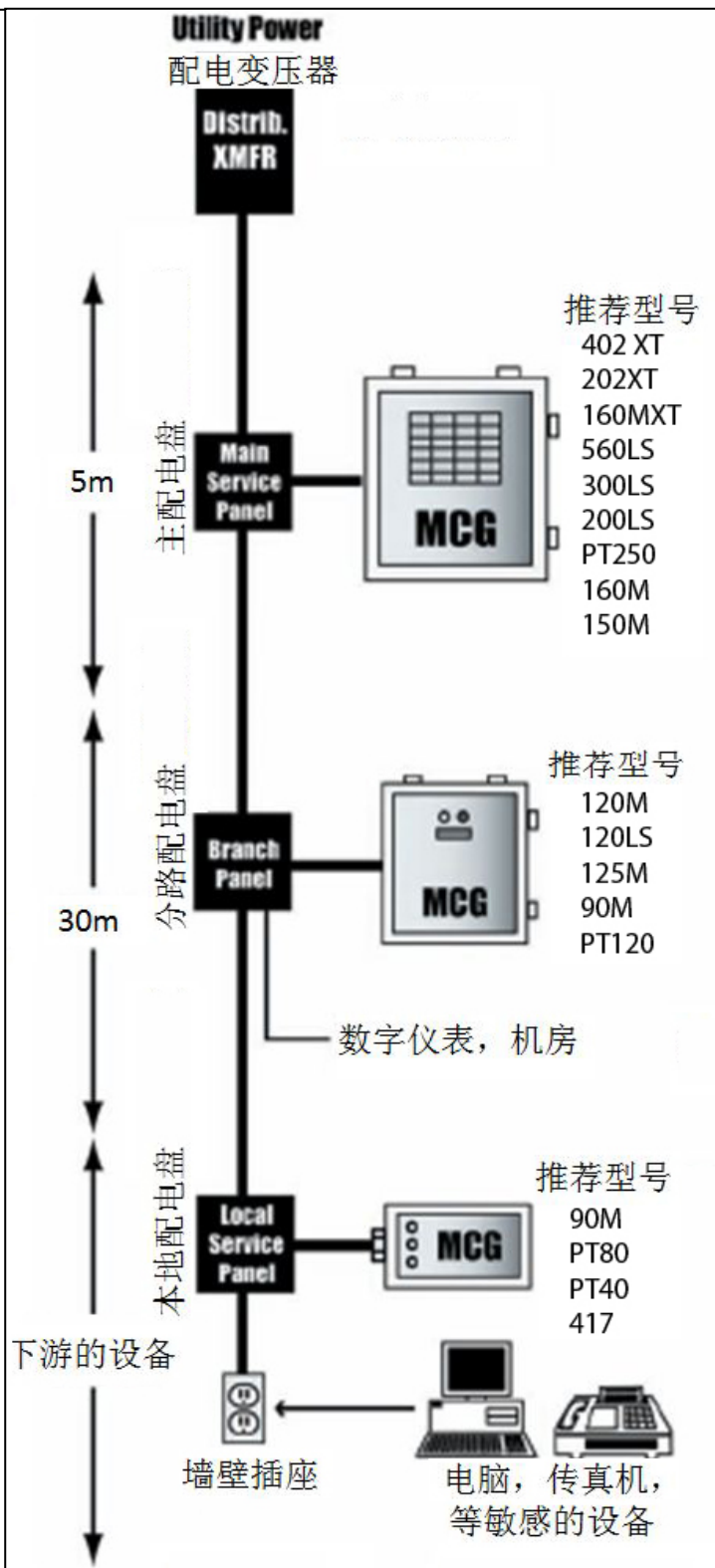
最严重的电涌（雷击，开关切换，等等）最有可能出现在楼宇的电力系统主入口处或配电箱处。现场的雷击概率、给楼宇供电的变压器KVA级别以及与停机时间相关的金融风险等因素决定了如何选择合适的电涌防护器，它需要保护级别至少为160KA 以上，工程估算请咨询MCG。此处保护器必须具备强大的防护能力，抵御雷击、电网投切等因素产生的大能量电涌冲击。选用具体型号主要考虑两方面 1) 所在位置的电力线承受雷击机会的大小；2) 公共电网设施对建筑物的设计供电容量以及系统故障带来的经济风险。

各楼层分支配电箱

楼宇内的电涌一般来自于机器的开关循环或者大型电感负载的启动和停机（例如，电梯或者空调）以及熔断器或者断路器的动作。一个中型的（100到150kA）模块可插拔的电涌防护器安装在分配电盘是一个很好的选择。此位置所设保护器，主要用于防范建筑物内部大型设施如电梯、空调等产生的电涌。

机房配电盘或 UPS 输出端

在本地配电盘处，更多的电涌来自于办公设备的运转，例如，复印机、荧光灯和空调。小一些的电涌防护器，例如，80kA或者40kA级别的则更加合适。对于CEM的应用，可使用单排10kA的带滤波装置的交流电涌防护器，防止设备使用时产生电涌对相邻设备的影响，保护贵重设备安全使用、延长元器件使用寿命并保护数据处理过程免受冲击。



峰值电流能力——您需要多大？

Peak current capability -- how much do you need?

对此没有简单的回答。在美国每年发生的雷击数量从 9,000,000 到 20,000,000 次，一个雷击实际上呈现 2 到 23 个独立的脉冲，有不同的峰值电流和波形。峰值电流 (I peak) 是电涌保护器最主要的指标。建筑物的入口端电涌防护器的规格，取决于地区、电力线的特性和使用者愿意承受的经济风险。更小型的电涌防护器可在分支配电盘和末端配电盘处使用。

雷击脉冲电流呈很多量值——从很小到很大

Lightning impulse currents come in many sizes—from small to very large

大自然时而将产生雷击脉冲电流，范围在 200 到 300kA，大多数的峰值电流是在 5kA 到 50kA，而雷击将击到何处则是不能预料的。目标，如开阔的场地、高尔夫球场。山区、高建筑、塔、公共烟囱以及架空电力线经常受到雷击。到目前，对设备最大的威胁是来自电力线的雷击。

如何定义雷击

How does one define lightning?

在美国、欧洲和亚洲电气工程师和物理学家确定幅度和波形来模拟雷击的参数，考虑的因素有地区、现存的电力网和现场人员的经验。对于建筑物入口端，IEC 标准组织采用 10/350 μ s 的波形，而 IEEE 组织（后来的 ANSI C62.41）采用 8/20 μ s 的电流波形。似乎是 IEC 组织选择了很高能量的波形以符合每个可能出现的雷击，而 ANSI C62.41 标准组织选择了概率最高的雷击电流波形。

美国方法：ANSI C62.41—2002

欧洲方法：IEC 标准 61643

MCG 采用的是什么标准及为什么？

What standard does MCG use and why?

依据 ANSI C62.41 标准，选用在建筑物进线端和建筑内部更深处的电涌防护器的规格，效果十分显著。

MCG 采用 NEMA LS-1 标准成功地证实了其模块和在建筑物入口端的电涌防护器 (XT 系列) 满足 200kA, 8/20 μ s 波形的脉冲，而无损坏。这些装置是由第三方独立检测组织检测的。

事实会说话

The proof is in the Pudding

在美国和全球采用 MOV 技术的电涌防护器的数量很多，有成百万且在继续增长。保护器失败的很少，失败的原因也主要是由于不稳定的电力系统。

CBEMA 标准——保护指南

Protection Guidelines—CBEMA Standards

设备对于瞬态电涌破坏的敏感度

Equipment Susceptibility to Transient Damage

计算机生产厂家不确认他们设备的敏感门限，这点可以理解，因为这种信息可能会被其竞争对手利用，而不利于自己。

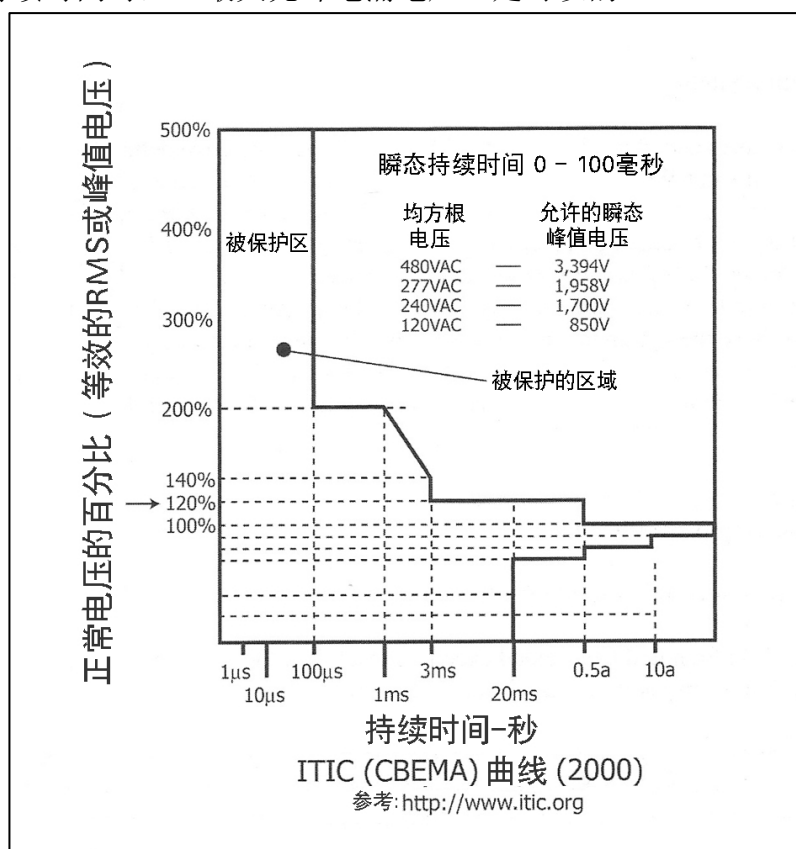
FIPS 指南

FIPS (Federal Information Processing Standards) Guidelines 公布的“自动数据处理装置电力指南”包括敏感曲线图(CBEMA 曲线)，是计算机硬件的设计目标。该曲线显示了最大可允许的箝位电压水平、系统的电压和电涌持续时间之间的关系。

CBEMA 标准

CBEMA (Computer and Business Equipment Manufacturers Association) Standard

提供了计算机设备的性能曲线，即 CBEMA 曲线。该曲线说明了在考虑到交流线电压和电涌持续时间时，“最大允许电涌电压”是可以的。



(定义为: 为计算机操作的可靠性, “最大允许电涌电压”水平是 200%到 500%, 100us 到 1ms)

公布的电涌防护器的箝位水平实际吗？

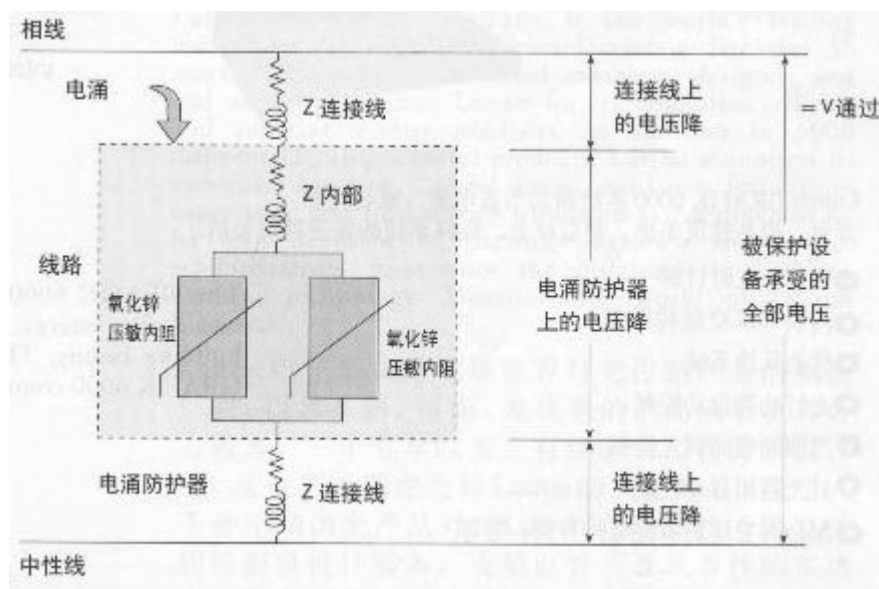
Are published surge protector clamp levels realistic?

电涌防护器生产厂出具的电涌防护器的箝位能力是电涌防护器的连接导线在 16 厘米长时的数据，UL1449 要求这种测量方式，目的是标准化地比较各厂家的产品，但忽略了电涌防护器和配电盘间实际导线的大幅度电压降。

“允许通过”电压是否能被降低？ “Let-Through” Voltage Can it Be Reduced?

导线的电感能使接地的通路中呈现相当高的阻抗。这将产生不必要的电压降从而引起高的“允许通过”瞬态电压并加载到敏感的电气设备上。

下面的电压降分布图，表明总的电压降在负载上分布的情况。



不必要的电感存在于从 AC 电源线到保护器的连线中，也存在于保护器内部。

普通的电涌防护器通过下面的方法使感应阻抗最小：

- (1) 用更短更直的连线——最小的松弛度、没有多余的拐转和曲折；
- (2) 用大直径的导线连接到 AC 电源线上；
- (3) 把所有的引线紧紧地扎在一起，全长度捆扎。

尽管上面这些步骤具有一些好处，但它们都未能达到完善的境地。

允许通过电压：导线尺寸的考虑

Let-through voltage-Wire size considerations

我们希望把出现在下游敏感设备的“允许通过电压”限制在尽可能实际的低水平上。导线有两个特点可以提高一个安装了的电涌防护器的“允许通过电压”。这些参数是：导线的电感和阻抗。把导线的电感和阻抗值保持在最低，以减小沿导线长发生的相关的电压降，这是希望做到的。这也许暗示使用大直径的导线，大直接的导线耗财、安装时耗力。

导线电感：

Wire inductance

电感值随线的长度增加；线的直径增加，电感值减小。给定一个长度，#10AWG 的导线电感和 4/0AWG 的基本相等，尽管截面积值为 40: 1。

一个 4/0 AWG 导线的电感是：1 米长，1.0uh，面积=420,000 厘米

一个 #10 AWG 导线的电感是：1 米长，1.1uh，面积=10,380 厘米

导线的阻抗：

Wire Resistance Considerations

阻抗值随线的长度增加而增加，线的直径增加，阻抗减小。#10AWG 导线和 4/0AWG 全长导线的电压降非常低，可忽略不计。

一个 4/0 AWG 导线的阻抗是：0.049 million hms / ft，

一个 10kA 的脉冲，每 30.48 厘米(1 英尺)降 0.5V。

一个 #10 AWG 导线的阻抗是：0.999 million hms/ft，一个 10kA 的脉冲，每 30.48 厘米(1 英尺)降 10V。

结论

Conclusion

4/0AWG 的导线和 #10 AWG 的导线相比，并无显著的优势。为保持最低的

“允许通过电压”，使连接导线尽量保持最短。MCG 的很多型号都有

“Micro-Z”导线。

注： 4/0AWG 线：直径是 11.68mm；面积是 107mm²

10 AWG 线：直径是 2.59mm；面积是 5.26mm²

Micro-Z 概念—更好的性能

MICRO-Z Concept For Better Performance

Micro-Z 概念把电涌防护器专利的内部设计和改革的外部连接导线相结合。这种结合使经过负载的“允许通过电压”（残压）明显降低。Micro-Z 方法包括三部分：

配电盘和电涌防护器之间采用 Micro-Z 导线连接：

Micro-Z 导线迫使电缆中的磁场互相抵消, 这使沿电缆长度 方向的感应电压降低, 可达到比传统的导线低 50% 的效果。

Micro-Z 的制作方法（美国专利号：5, 303, 116）

降低保护器的内部阻抗。方法是精心设计物理布局使磁场相消，使得电涌防护器的内部接线的电压降更加降低。

Micro-Z 电力母排

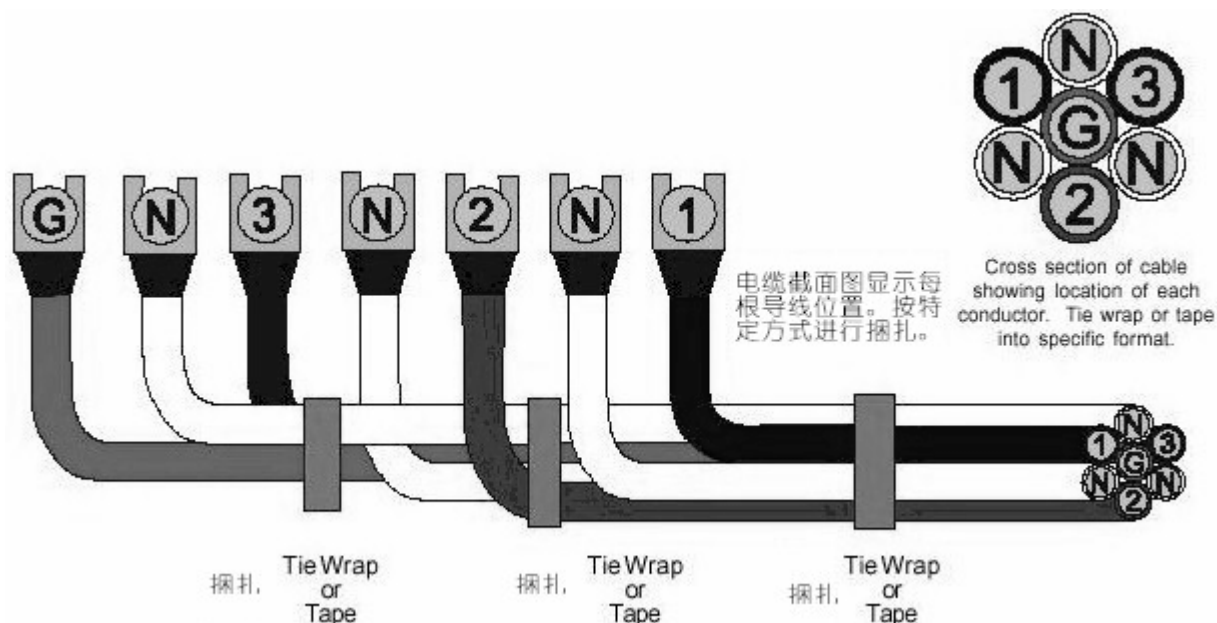
Micro-Z Power Buss

Micro-Z 电力母排采用了大量的坚实铜排，使电涌防护器内部的峰值电流处理能力非凡。

结论：

Conclusion

Micro-Z 概念有效地改进了电涌电流的入地通路，从而显著地降低了通过下游敏感电气设备的瞬态电压。



沿电源电缆的电压降

Voltage Drops Along Power Cabling

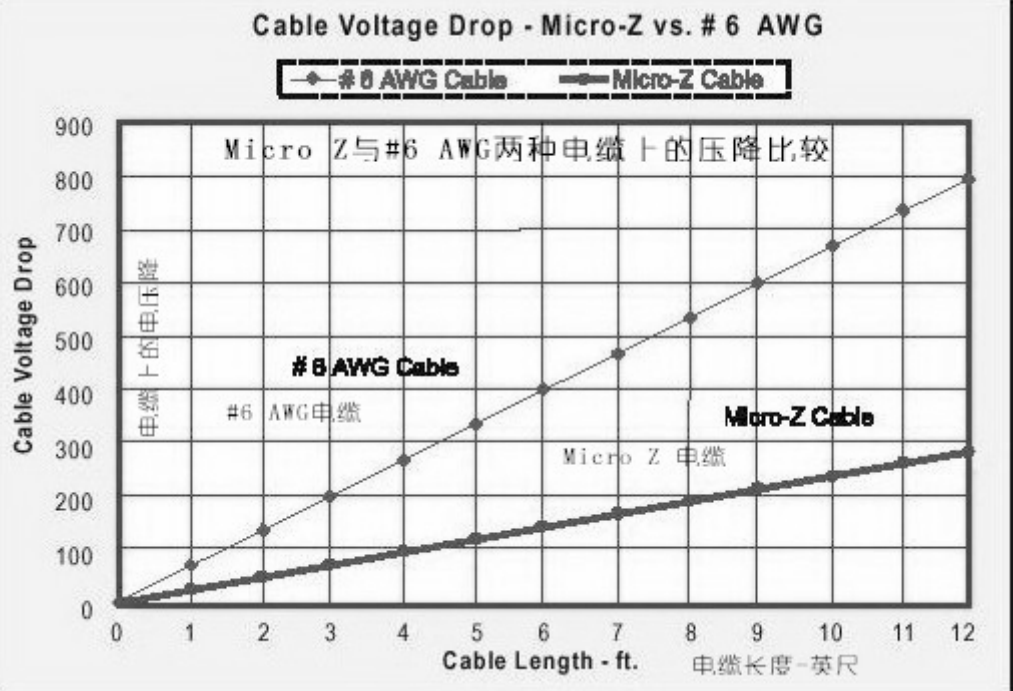
Micro-Z 与 AWG6 电缆上的电压降比较
(#6 AWG 线的直径: 4.115mm)

试验条件: Test

Conditions: Velonix 脉冲信号发生器发出标准的 ANSI C62.41 波形 (6kV/3kA, 3/20 μ S) 进入 36 米 (12 英尺) 长的电缆对中。电缆对由两根 #6 AWG 电源电缆构成, 沿全长紧紧地绑在一起。

测量 Measurements:

沿电缆长度每隔 3 米 (一英尺) 测量一个电压降值, 验证使电缆长度尽量短从而使电缆电压降最小的必要性。



Micro-Z cable

从保护器至配电盘间的导线采用轴向电力电缆布局法迫使导线内的磁场互相抵销, 这样做的结果相应降低了沿导线的感应电压降, 比传统的导线电压降低 67%。

观察: Observation

敏感设备感受的瞬态电涌电压峰值是电涌防护器本身的“箝位电压”+导线电压降之和且导线的电压降随导线长度而变化。

举例: Examples

使用在 120VAC 系统的电涌防护器, 可将 6kV/3kA(8/20us)的电涌, 在保护器的端点箝制到 464V,

- 1 米 (3 英尺)长、16 平方毫米粗的导线, 设备经受过电涌为:
 $464V + 220V = 684V$
- 1 米 (3 英尺)长、Micro-Z 导线, 设备经受过电涌为: $464V + 70V = 534V$
- 使用 3 米(9 英尺)长、Micro-Z 导线, 设备经受过电涌为: $464V + 207V = 671V$, 大约和 1 米长 16 平方毫米粗的导线设备所经受过电涌冲击相同

结论: Conclusion

使用 Micro-Z 导线，可降低设备的“允许通过电压” 150V!

高 AC 线电压：需要一些应对策略

High AC line Voltage: requires several strategies

高交流线电压是一种长期的，电压幅度不正常，高出正常线电压 10% 的状况。在交流线电压超过电涌防护器的最大连续工作电压 (MCOV) 时，MOV 将会损坏。通常情况下，MCOV 比正常的交流线电压高 15%。

电涌防护器必须符合矛盾的要求

- 在交流电源线上，敏感设备需要箝位电压值低
敏感设备必须免受出现在电源线上的短期(us)高瞬态电压的冲击，这些短期(us)的高瞬态电压会导致半导体、微型处理器等的内部毁坏。
- 而电涌防护器则需要箝位电压值高以不被毁坏
当 MOV 试图箝制出现在交流线上的非正常的高电压时，这对电涌防护器是危险的。MOV 将开始过热，交流线电流产生的热量将大大低于保险管的工作电流产生的热量，MOV 的持续加温将产生烟雾、烟灰的沉积物，将毁坏其自身及周边的元件，保护器将发生重大的损坏。

解决的办法：

1. 使用具有高电压处理能力的 MOV，它们对交流线的过电压不那么敏感
2. 从保护器到配电盘间使用 Micro-Z 导线，以保持内部缆线电压降最低。
Micro-Z 导线内的较低的电压降将补偿 MOV 的高电压。
3. 使用带有内部热断开装置的保护器，如果 MOV 过热，该装置可把 MOV 分断。

注意：

要降低箝位电压值可通过使用低电压值的 MOV。然而，对箝位电压值极小程度的降低也会极大地提高电涌防护器失败的危险。

对保险管和热断开的考虑

Fuse and Thermal disconnect considerations

保险管的 KAIC 值:

电涌防护器和交流电源线并联连接。有时，一个严重的雷击电涌可导致 MOV 元件失效出现短路，因此需要有串联的保险管开路，并把短路的 MOV 从 AC 线上分离出去。保险管必须能断开 AC 电源线的短路故障电流，实际的短路有效值电流常受到配电变压器的阻抗和连接缆线的限制。200,000A 断开电流值(KAIC - K Ampere Interrupt Current rating) 已被广泛证实适用于几乎所有的场合。

KAIC 值不应和电涌防护器的峰值处理能力混淆:

- KAIC 值仅适用于 50/60 赫兹的 AC 电源短路电流。
- 峰值电流适用于大幅度、微秒级的脉冲，如雷击。

保险管/MOV 的协调工作:

电涌防护器的保险管能承受短时、高幅度电涌电流而在正常箝制工作过程中不开路是非常重要的。保险管和 MOV 的恰当配合要求在 MOV 失效点的前一点快速开路。举例：一个 40 毫米的 MOV，它的峰值在 8/20us 的波形下为 40kA，实际上近乎接近 50kA, 8/20us。当超过 40kA 值时，保险管能快速开路是很重要的。保险管的性能差异广泛，不是所有的保险管都适合协调配合的工作。

热断开的的能力:

在不规范的交流电源线上，时常会发生交流电源的电压突然升高30%到50%，这将使SPD的MOV s通过MOV s将交流线的电流引入到中线以试图限制正弦波的峰值电压，这时，MOV s将会瞬间过热，导致短路并破裂。

热断开是一个装置，安装在每个MOV 元件上或临近的边缘，通过机械断开的方式把过热的MOV 从电源线上断开。每一个MOV 应被单独保护并且热断开机械装置不应对物理环境特别敏感。

MC G 目前在相当数量的保护器中使用带热保护的压敏电阻。这些新型的带热保护的压敏电阻包含了一体式的热熔断器，胜过于任何安装在外部的热保护装置，从而提供了最大的安全保护。

冗余：真实的与虚假的

Redundancy: True vs. False Redundancy

多条入地的保护通路非常关键。一个雷击经常是由多个雷击电流击中电力线、大地组成。一个雷击事件可发生两个多至 20 个冲击。

为提供合理的系统保护，建筑物进线端的电涌防护器需要有每相至少两条最好是几个带独立保险管的、并联保护的结构。电涌防护器中的一个保护部分失效，比如在严重的雷雨风暴中，系统的保护将继续维持存在。

这种冗余概念在建筑内各楼层、分支配电盘处也提倡，在末端配电盘处可安全地采用单通路的保护方法。

冗余“备份”保护，如果没有足够的保险管则是一个弱点：保险管的电流值和 MOV 的峰值电流值的配合，加了可靠的保护，可使保险管不烧断。

1. 虚假的冗余保护

多条电流通路：是

多重保护：否

说明：如果 F1 失效：

箝制能力完全被消除

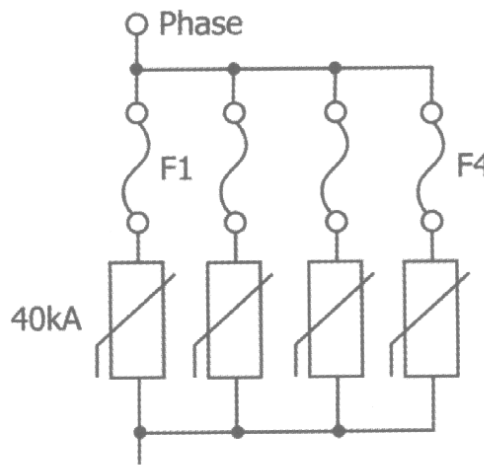
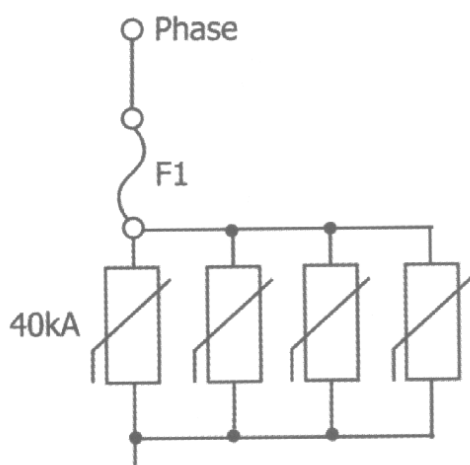
2. 名副其实的冗余保护

多条电流通路：是

多重保护：是，有 4 条

说明：如果 F1 失效：

箝制能力降至正常情况下的 75%



结论：

Conclusion

冗余保护需要多个保险管、多个 MOV 以及保险管和 MOV 的有效协调配合。

模块式设计的考虑及问题

Modular Design considerations and problems

模块式结构设计可使电涌防护器安装在现场后便于维修和维护，下一步是确认被损坏的模块。

确认损坏的模块：

一般情况下，当内部有保护失效时，是通过电涌防护器面板的 LED 指示灯来显示的。设计良好的保护器将采用指示灯或其它方式显示出现问题和损坏的模块。

保护器采用模块结构是为了便于现场维修：当确认问题所在，损坏的模块将很快被拔出或卸掉螺丝。典型地，更换模块只需 15 到 30 分钟的时间。

非模块式设计有几个严重的局限性：

1. 如果有失效，整个装置或重要的部分必须被换掉，或送回工厂维修。这些装置都不可在现场维修。
2. 使用低廉价格的 MOV 产生了很大的监视问题：如果监视每一个 MOV/保险管组合，这极大地提高了监视费用，至少是方形 34 毫米或圆形 40 毫米 MOV 的 5 倍。另一种办法是对 MOV / 保险管组合进行成组整体状态的监视，这虽然减少了监视费用和复杂性，但产生了另外的一系列的问题。
3. 除了不是每一个 MOV/保险管都得到监视外，在遭受电涌电流冲击时，任意的 MOV 都会失效，却没有必要的降低保护能力的显示。成组的随机失效将导致防护能力的极大降低，而没有报警。当需要保护能力时，也许就不存在。

监视和诊断

Monitoring and Diagnostics

为什么需要监视？

电涌防护器限制出现在交流电力线上的瞬态电压使其低于精密设备的敏感水平。无论是由于长期处于“待机”状态导致的降级还是由于活跃的抑制工作而导致的减弱，立即知道电涌防护器的保护能力已经减弱是非常重要的。

影响电涌防护器能力的因素

长期的降级

尽管没有正式的文件证据，但广泛可靠的数据显示在待机模式下，MOV 的效力没有明显的长期降级。请参阅 Harris “1995 Transient Voltage Suppression Devices” 手册，第 5-10, 10-20 页。

过于频繁工作导致的失效

当“压敏电阻”承受超过它们的峰值电流/额定能量的电涌时，会出现短路模式的失效。当其承受稳定状态的交流线电压，但超过其额定级别时，也会出现短路失效（Harris 手册，第 6 页）。电涌防护器在正确的额定状态下使用将保证 20 多年正常不间断地工作。

电流监视的做法

大多数的电涌防护器提供一个与 MOV 串联的保险管，当 MOV 失效时，将其与电力线断开。通过监测保险管的断开状态，保护系统发出一个保护能力减弱的信号。当处理非常大的电涌电流时，标准的做法是每路 MOV 都有一个与其串联的保险管。保护理念在这一点上存在着分歧。

保守的方法

要求对所有的保险管/MOV 组合都进行监测，并且任意一组失效都可通过 LED、蜂鸣器或者其它方式立即报警。另外，LED 前面板显示保护减弱。一些电涌防护器还显示每相剩余保护能力的百分比。这样的方法是百分百的有效。相对于不够全面的监测方法来说，只需要很小的额外成本就能够做到立即显示故障。

最省事的方法 -- 等待灾害发生

最省事的方法是只关注几个，甚至只是一个保险管/MOV 电路组合，并且当单个保险管断开时，发出保护能力下降的信号。可惜的是，一些厂商仍然使用这种方法监视保护系统的完整性。

最省事的方法有一个严重的缺陷 – 没有被监测的保险管可能已经断开了，存在着一个非常严重的保护削弱问题，但没人知晓，在不久的将来，如果有一个大的电涌出现最后一个保险管就会断开。下游被保护的精密设备将会面临灾难性的破坏因为没有足够数量的 MOVs 来处理这个大的电涌电流。

结论

- 对每一个保险管/MOV 电路都必须进行监视，避免出现隐藏的保护失效；
- 前面板指示器强制发出内部问题的信号；
- 使用内部 LEDs 显示有问题的模块和保险管；
- 提供遥控信号继电器接线端子作为远程监控的功能。

使用寿命

Life Expectancy

产品的寿命：了解不同厂家的电涌防护器的相对寿命非常有用。

焦耳值重要！

以 MOV 为元件的保护器，焦耳值是直接衡量处理大量的标准(8/20us)电涌脉冲的能力的指标，采用 MOV 为元件的不同厂家的保护器预期寿命很容易通过比较焦耳值来估计。在比较中，焦耳值 +/-10% 的差异不足以考虑。比较电涌防护器的焦耳值必须使用相同的 8/20us 波形和相同的 MOV 技术。

比较时应记住

简单的原则是：因为 MOV 的非线性特点，如果一个保护器的焦耳值是另一个保护器的两倍，其使用寿命则长 10 倍。

环境因素

Environmental Factors

海拔高度：

在海拔 4000 米以下工作，都合乎要求，因为这已经覆盖了绝大部分的工作场所。高海拔的电涌防护器需要更大的导体空间间隔以提供更高的安全系数。

温度：

工作温度在 -40°C 到 +50°C 之间将覆盖大多数的应用，元件额定温度值是 +85°C。

湿度：

保护器在 95% 的湿度，非冷凝的情况下能可靠工作。

NEMA 封装

NEMA 4	NEMA 4X	NEMA 12
一般情况	特殊应用	轻型应用
适用于室内/室外环境	适用于室外/ 腐蚀/ 潮湿的环境	适用于室内环境
全天候、防水	全天候、防水、防腐	防尘/防土
14 标准钢	14 标准钢	防水滴
不锈钢硬件	防腐钢材硬件	14 标准钢 标准硬件

安装问答 Installation Q & A Tips

电涌防护器应安装在配电盘的主线路侧还是安装在负载侧？

当电涌防护器安装在配电盘主线路端的时候，将对连接于该配电盘的所有负载提供连续的保护。即使有任何一个负载通过断路器从线路上断开，其它的负载仍然被保护。出于安全考虑，安装在该线路上的电涌防护器需要安装一个与其线规相对应的专门的熔断器或者断路器。UL1449列名的电涌防护器只能连接于主断路器的负载侧。出于安全原因，不建议安装在主线路侧。

我们能否将电涌防护器安装在主配电盘的负载侧？

可以，电涌防护器最好是安装在主断路器的负载侧。主断路器对电涌来说，是不起任何作用的。如果任何负载通过断路器断开，其它的负载仍然在被保护之中。保护器应通过一个上游的过流保护装置（例如，断路器或者熔断器）连接，过流装置的容量应与保护器的线规对应。（如果需要）打开这个断路器，应能保证在安全的前提下对电涌防护器做操作工作。这是把一个电涌防护器连接到配电盘推荐的方法并且符合 UL1449 安全标准。

电涌防护器离配电盘的距离应如何确定？

越近越好！电涌防护器应贴近地安装在配电盘旁。每一英寸距离的缩短都将对电涌防护器的箝制结果有重大的改进。

连接导线重要吗？

连接导线非常重要。敏感的下游设备不能暴露在超出 CBEMA 建议水平的瞬态过电压下。Micro-Z 导线比传统的导线的“允许通过电压”低很多。很多 MCG 的电涌防护器都配有 Micro-Z 导线。

电涌防护器应使用什么规格的导线？

和一些观点相反，导线的直径相对不重要，但与配电盘连接的导线尽量短非常重要。

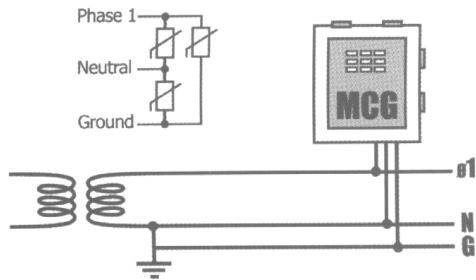
断路器的容量：

What should the amperage rating of the circuit breaker be?

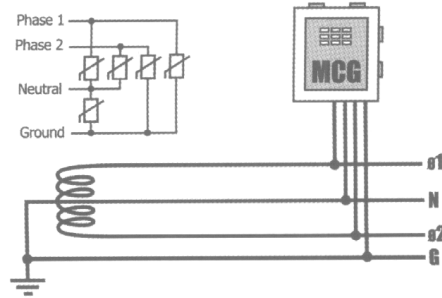
8 AWG —— 8mm ² 导线	使用 50A 的断路器
10 AWG —— 5mm ² 导线	使用 30A 的断路器
12 AWG —— 4 mm ² 导线	使用 20A 的断路器
14 AWG —— 2.5 mm ² 导线	使用 20A 的断路器

Wiring Diagrams - Phase Connections

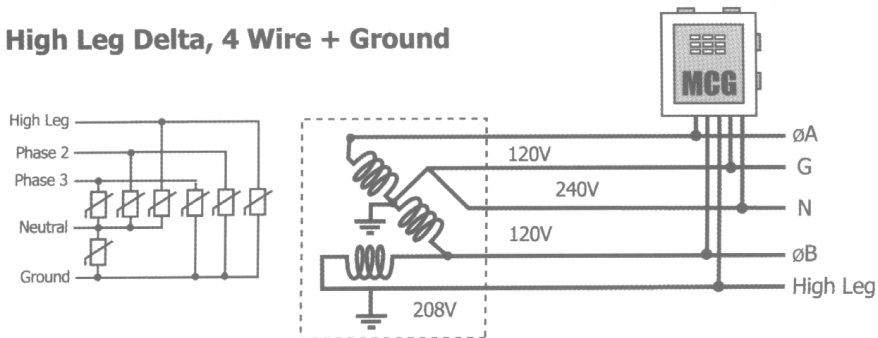
Single Phase, 2 Wire + Ground



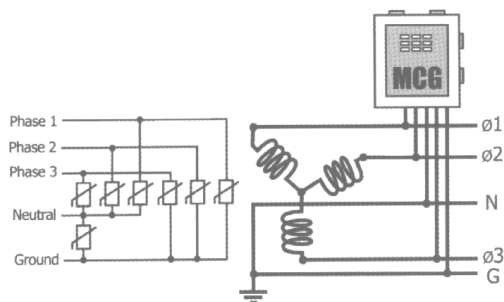
Single Phase, 3 Wire + Ground



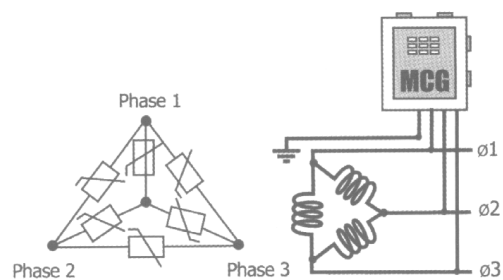
High Leg Delta, 4 Wire + Ground



Three Phase, Wye, 4 Wire + Ground



Three Phase, Delta, 3 Wire + Ground



安全断路开关的考虑

Safety disconnect switch considerations

有时，为受损的电涌防护器提供现场维修或维护是需要的，这要断开电涌防护器的 AC 电源线，可采用两种方法：

断路器方法：

这种方法依靠在配电盘处的断路器，把电涌防护器从 AC 电源断开。采用这种方法有两个优点：1.电涌防护器无附加串联的额外长导线(电感)；封装内部不会出现有害的 AC 线电压。外部断路器的费用很低。

面板的断开装置

无附加费用, 厂家将提供，一个内部的断开装置，在电涌防护器的面板处允许 AC 线电压断开。需要额外的内部导线(电感)将断开装置安装在电涌防护器和 AC 线电压连接处。在一些情况下，断开装置的导线的安全防护也许没有完全做好，工作人员仍可触摸到，这就有可能给工作人员造成危害。

接地：单点接地的概念

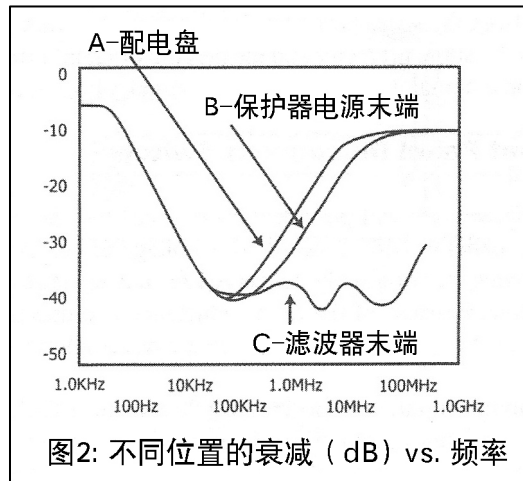
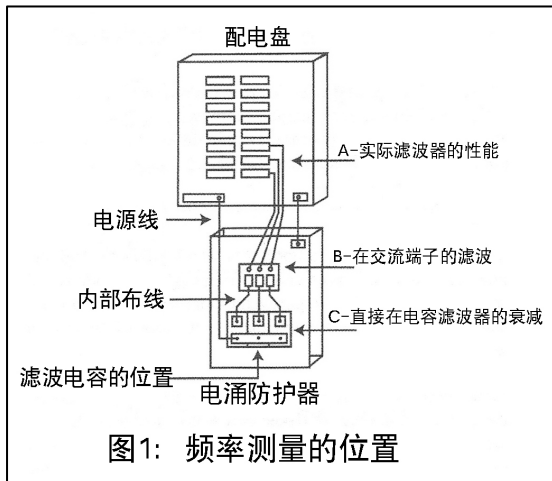
Ground—the single point concept

对接地有很多要求必须强调以确保电路达到希望的性能。至于保护设备免受瞬态电涌的损坏，良好的接地很重要, 而在一个设施内把所有的接地连在一起并在主进线处成为单点接地(冷水管/驱动金属杆) 则是关键。

多个分开的接地使一个设施内存在电位差，结果是：敏感设备也许会承受不同的电压导致损坏——即使安装了电涌防护器也难免。如果对一个设施内的接地不了解，在负载端安装保护器并把接地接在设备的机壳处可确保安全。

正弦波跟踪和 EMI / RFI 滤波 Sine Wave Tracking and EMI/RFI Filtering

Are sine wave tracking and EMI/RFI filtering the same thing? 正弦波跟踪和 EMI / RFI 滤波相同吗?



正弦波跟踪和 EMI / RFI 滤波是相同的，是把电涌防护器正常的限制瞬态电涌电压至安全水平的功能增加一个高频滤波能力的方法。滤波的实现是通过一个聚丙烯电容器把相—零的“噪音”分流至交流电源线终端。高质量电容器的滤波能力直接在电容器的端子处测量是显著的；但在交流主线处测量则急剧下降，如图所示。大多数制造商标注滤波的标准。

位置	100kHz	1MHz	10MHz	100MHz	注释
C	40	39	37	36	公布数据滤波模块
B	40	28	11	6	SPD 电源线末端的衰减
A	39	20	7	6	进线配电盘—实际表现

观察:

有滤波器的电涌防护器，其与交流电源线之间的连接导线将在电源线和滤波元件之间产生不可避免的阻抗，导线的阻抗将大幅降低滤波性能，使其高于1兆赫。

结论：如果在进线配电盘没有滤波，则滤波就不存在。

混合保护电路

Hybrid Protection Circuitry

混合保护电路是把两个或两个以上的技术方法混合在一起以达到一个新的结果，这个结果是单一技术本身所不能达到的，市场上推广着几种混合方法。

硒光电管+MOVs:

在这种方法中，硒电管在略高于正弦波电压峰值的点开始导通，使相对小电涌电流通过硒电管分流，使电涌远离负荷。

随着电涌电流幅度的增高，超过 MOV 的导通阈值，这时几乎所有的电涌电流都将由 MOV 保护元件分流。快速上升的硒电管箝位电压是由于其固有的非线性指数，而 1000 amps 以上的电涌电流，有效的箝位电压则主要是靠 MOVs。

结论:

主要的瞬态事件，高于 1000amps，被保护系统的良好运行完全基于 MOV 器件的性能。硒电管技术似乎是一种营销工具而不是一个真正的性能改进。

MOV+SAD:

在这种方法中，硅雪崩二极管（如硒电管/ MOV 方法）在略高于正弦波电压峰值的点开始导通，分流相对小幅度的瞬态电涌电流以保护负载。

硅雪崩二极管的电流处理能力则非常有限，在 120VAC 线路，等同于一个 40mm MOV 的电流处理能力，则需要很多硅雪崩二极管一系列的平行矩阵，显然，这是个低效和昂贵的做法。

因此，如果采用典型硅雪崩二极管模块，每相、峰值 1000 安培的额定电流、10 / 1000 微秒的波形，则需要 250 个二极管矩阵。这种低能量处理模块使 SAD/ MOV 方法在初始状态的箝位电压低而当瞬时电流变大时，MOV 则肩负重载。

结论:

主要的瞬态事件，高于 1000amps，被保护系统的良好运行几乎完全依靠 MOV 的器件性能。雪崩技术不能单独处理这种侵害。

测试设备 – 是否有作用？ **Test Equipment - Useful or Illusionary**

一些厂商选择出售昂贵的外部测试设备对电涌防护器的健康状况进行周期性的测量。测试设备以电涌防护器的出厂限制电压水平为基准，以此作为对电涌防护器周期维护检查的标准。一个厂商的测试设备报价是 2000 美元，这样的一个报价超过了很多全新的电涌防护器的价格。这种方法需要一到六个月的等待时间才能使“测试设备”来“评估”电涌防护器的健康状况；而电涌防护器本身自带的、连续监测的系统则更为有效。

最坏的情况是，电涌的破坏可能刚好出现在测试后，而这种损坏要等到下一次测量的时候才能被发现；这作为一个实际问题，使这种繁琐的周期维护检测不可避免地导致废弃使用这个昂贵的测试设备。

采用这种方法还存在着更严重的问题：一个测试设备将产生一个典型的 3-5A 的测试脉冲，这意味着并联的保护元件（MOVs、 硒光电管、 雪崩二极管等）也将通过保护元件的最低箝位保护值来均摊这个 100% 的测试电流，这不是一个适当的测试。

在混合保护方法中，MOV/硒光电管或者 MOV/雪崩二极管，一个小的测试电流将会被硒光电管或者雪崩二极管箝制因为这些抑制元件将首先接通，MOV 元件可能根本就没被测试到。

结论：重要的处理高能量的 MOVs 在混合配置中可能没被正确地测试。采用外部测试设备宣传的是一种虚假的安全感并造成不必要的开支；电涌防护器本身自带的、连续监控系统则更为有效且成本更低。

标准 – 工业与安全 **Standards - Industry and Safety**

ANSI C62.41-2002 – IEEE 对低压(小于 1000V)的交流电路中电涌特性的推荐做法

用简化的形式描述交流电源线路环境，订立一套具有代表性的电涌波形。它试图模仿交流电源线路环境的动态。

对连接到交流电路中设备的电涌测试指南

提供了用电涌测试设备来评估电涌防护器的技术指南。该指南提醒：电涌测试时重要的安全方面应引起注意。该标准不涉及合格问题，仅限于对电涌防护器的测试方面。

NEMA LS-1 - 1992 低压电涌防护器：

订立了对电涌防护器（TVSS）设备制造商的指南，促进指标的一致性。NEMA LS-1 由第三方进行测试，确保了制造商的产品符合其声明的峰值电流规格。

UL 1283, 3rd Edition – 电磁干扰滤波器

本标准评估了安全使用于 600VAC 以下交流电力线上 EMI 滤波器的结构和适用性。它不测试 EMI 滤波器的噪声衰减与频率的数据。一些厂商定位自己的滤

波器衰减数据接近于 UL1283 的论述从而推论出由 UL1283 认可。详见 EMI/RFI 滤波器部分。UL1283 只是一个安全规范，不是性能标准。

UL 1414, 4th Ed. -跨接电容

本标准对电涌防护器的跨接电容应用于 L-N 和 L-G 模式下的安全进行评估。本标准没有对任何可能影响它们使用结果的滤波特性进行评估。

UL 1414 4th ED. 只是一个安全标准。

UL 1449, 2nd Ed. - UL 对电涌防护器的标准

该标准评估了跨接在交流电源线上的电涌防护器的安全问题以及测量额定抑制电压（SVR）。SVR 电压值印刷在产品的标签上。一个电涌防护器可能具有 450V 的箝位电压但是可以得到 UL（SVR）500V 的额定认可。SVR 的评级是一组额定等级 - 可能不一定是实际的额定箝位电压值。

UL1449, 2nd ED. 包括 2007 年 2 月 9 日的要求

从 2007 年 2 月 9 日起，电涌防护器要列名为 UL1449 第二版，必须符合最新的要求。最近获得的 UL1449 列名都是根据最新的安全标准进行测试的。产品只有经过 UL 实验室测试符合这些新要求才能获得 UL 标签。

UL1449, 3rd Ed. Sept. 29th, 2006 – 电涌防护装置的 UL 安全标准。

这是最新的 UL1449 版本。在测试步骤上比第二版更加严格。

ANSI C62.41-2002 Standard

ANSI C62.41-2002 标准

Protection Categories 保护类别

Service Entrance 主进线入口 Cat. C C类 Cat. B B类 Cat. A A类

Category 类别	1.2/50 μ s	8/20 μ s		
C1	6kV	3kA		
C2	10kV	5kA	-----	-----
C3	20kV	10kA		



脉冲 脉冲

Mid-Building 建筑内中层

Category 类别	1.2/50 μ s	8/20 μ s	0.5 μ s	100kHz
B1	2kV	1kA	170A	2kV
B2	4kV	2kA	330A	4kV
B3	-----	6kV	3KA	500A 6kV



Impulse 脉冲 Impulse 脉冲 Ringwave 环形波

Local Panel 本地配电盘

Category 类别		0.5 μ s	100kHz
A1		2kA	70kV
A2		4kA	130kV
A3	-----	-----	6kA 200kV



Ringwave 环形波

Glossary of Technical Terms 技术术语汇总

Clamp Voltage 箝位电压

箝位电压是当一个标准波形（模拟瞬时雷电）施加到电涌防护器时测量到的通过电涌防护器的最大电压。一些厂商为了获得较低的箝位电压值，通过使用较低电压的 MOVs 来缩小电压空间，这样做的结果将会大大增加现场应用中保护器失效的可能性。大体而言，一个微小的性能改进，如果有的话，换来的是很大的风险。

Headroom 压差空间

压差空间是指正弦波峰值与更高的 MOV 导通门限电压值之间的差值。如果压差空间太小，可能会使 MOVs 频繁导通从而缩短其寿命。通常压差空间 $\geq 15\%$ 比较理想，且对电涌防护器的抑制性能没有影响。在一些电压波动可能超过 15%的地区，谨慎的设计则要求 MOVs 的箝位电压更高些。例如，某些电网（或国家）经常有超过 115%的电压陡升，虽然这对设备没有影响，但可能引起压差空间不够的电涌防护器提前失效。因此，如果交流电源不稳定，就必须使用有足够压差空间的保护器。

Let Through Voltage 允通电压（残压）

当电涌防护器分流瞬态电涌入大地时，位于交流电源线下游的敏感设备直接暴露在电涌防护器的箝位电压下，最小化允通电压是永远所希望的。

MCOV 最大持续工作电压

MCOV 最大持续工作电压，它施加到电涌防护器上而不会导致其损坏。通常电网公司使线电压保持严格的公差。如果线电压高于这个特定的最大持续工作电压（MCOV）并持续一段时间，电涌防护器的 MOVs 将开始导通并导致保护器最终失效，除非采取某些措施。

Rated Voltage 额定电压

保护器的额定电压相当于公共电路的公称线电压。保护器的类型必需符合公共配电的配置，例如，单相或者三相，三角形或者星形连接。

Threshold Voltage 门限（阈值、临界）电压

门限电压是电涌防护器开始导通 1mA 电流的导通点。就其本身而言，这是一个不完整的性能指标。

保修 Warranty

阅读并理解小字部分。一些保修条款，乍一看，有许多非常好的承诺，但是实际上这些都是精心制作的，在法律上是不可能实现的，这些通常是保护厂商的免责条款。在考虑一个电涌防护器厂商时，应避免以下类型的承保：

- 1, 对被保护设备的保修：这些类型的保修表面上声明不但更换保护器，如果设备被损坏，也包括更换被保护设备；但是如果阅读小字部分，你会经常看到一条免责声明，阐明设备如果是遭受自然灾害（例如雷电）而损坏，保修是无效的。
- 2, 保修需要律师来进行解释：如果保修条款完全是法律术语而且很难理解，那么这样的设计就是完全为了保护制造厂商而非消费者。保修条款应该清晰易懂。
- 3, 保修条款里不含有“模块和保险管终身免费更换”的字眼：保护模块和保险管是电涌防护器的核心。如果制造厂商不能承诺提供保险管和模块的终身免费维修，这应该引起疑问，这也意味着这些元件的寿命可能很短，最终客户不得不购买新的来更换。

What MCG Offers MCG 提供的是：

20 年“无废话”保修 - 如果电涌防护器在保修期间损坏，MCG 将立即免费更换。
(详见 MCG 保修条款 www.mcgchina.com.)

MCG 提供模块和保险管的终身免费更换服务 – 如果电涌防护器的任何模块或者保险管需要更换，MCG 将免费更换，即使超过 20 年的保修期。

质量--ISO 9001:2000 认证 – MCG 设计、制造电涌防护器，在公平合理的价格水平上满足客户的期望，并提供“无废话”的保修服务。

在 MCG，我们致力于满足客户、员工和供应商的需求。我们的行动方针是贯彻“持续质量改进”的原则。通过建立定期检查和持续改进的目标，我们对“持续质量改进”的承诺追求促使我们胜过行业界的同行。

Index 索引:

Component Life - MOV 元件寿命 – MOV	19
Construction, Micro-Z Cabling vs. Conventional 结构, Micro-Z 线缆相对于传统	13,14 , 21
Current, 1mA Threshold 电流, 1mA 门限	4
Distribution Transformer 配电变压器	16
Economic Justification for Surge Protection 电涌防护器的经济理由	6
EMI/RFI Filtering EMI/RFI 滤波器	24
Enclosures, NEMA 4, 4X, 12 外壳, NEMA 4, 4X, 12	20
Environment - Altitude, Moisture, Temperature 环境 – 海拔, 湿度, 温度	20
Fuse - MOV Coordination, KAIC Rating 保险管/ MOV 协调, KAIC 额定值	16, 17
Ground - The Single Point Concept Ground 接地 – 单点接地概念	23
Headroom 压差空间	27
I Peak 峰值电流	9
I/O Port Failures - Data Line Protection I/O 端口故障 - 数据线保护	2
Impedance, Internal/External Wiring 阻抗, 内/外部线	3, 11,12,15,16
Inductance 感应系数	11,12
Installation Notes 安装注意事项	19
Joule Rating 热量等级	5, 20
KAIC Rating KAIC 额定值	16
Let Through Voltage 允通电压	27
Lifetime Rating 额定寿命	20
Lightning - Multiple Strikes, Utility Lines, Etc.. 雷电- 多次雷击, 公共线路等等	5
Micro-Z Concept Micro-Z 概念	13
Modular Construction 模块结构	2,18
Monitoring - LEDs, Beepers, Etc.. 监控- LEDs, 蜂鸣器等	18, 19
MOV Life MOV 寿命	19
Multiple Pathways - Fuse/MOV Combinations 多通路 – 保险丝/MOV 的搭配	17
NEMA LS-1	9,24
Open Technology - Patents, Trade Secrets 公开技术 – 专利, 商业机密	3
Product Comparison Sheet 产品比较列表	4
Protection Categories - ANSI, UL 防护分类-ANSI, UL	26
Protector-Requirements for Proper Coordination 保护器-正确协调匹配的要求	16
Redundancy, False Redundancy 冗余, 假冗余	17
Response Time - Transients 响应时间 – 瞬态	3
Service Panels-Main/Distribution, Branch, Local 配电盘–主/次配电盘, 支路, 本地	6,8,15,21
Sine Wave Tracking 正弦波追踪	5
Standards - ANSI, IEC, NEMA, UL 标准 – ANSI, IEC, NEMA, UL	3, 9, 24
Standards - CBEMA 标准 - CBEMA	10
Surge Protection Device (SPD)电涌防护装置(SPD)	3