

七种类型的电源问题

第 18 号白皮书

版本 1

作者 Joseph Seymour 和 Terry Horsley

> 摘要

许多令人费解的设备故障、停机、软件中止和数据丢失现象都是电源问题造成的。目前对于电源问题的规范化的描述存在着普遍的问题。本白皮书将电源质量借鉴 IEEE 标准中关于电源质量问题的描述，介绍几种最常见的电源扰动类型、成因以及电源扰动对关键设备的影响和相应的防范措施。

目录

点击内容即可跳转至具体章节

简介	2
瞬变现象	4
中断	7
电压暂降/欠电压	8
电压暂升/过电压	9
波形畸变	9
电压波动	12
频率抖动	12
结论	15
资源	16
附录	17

简介

在当今科技发达的时代，我们已经变得非常依赖于电力的持续供应。在大多数国家和地区，商业用电是拥有许多的发电厂组成的国家级电网提供的电力输出。。电网不仅能够满足政府、工业、金融、商业、医疗和通讯行业的关键需求，同时也必须能够满足住宅、照明、采暖、制冷、空调和运输的基本国民需求，。商业用电真正支撑着当今快节奏的现代化世界的运行。高科技已经深深融入到了我们的家庭和事业，而电子商务的出现使得高科技正在不断地改变着我们与外界进行交流的方式。

智能科技要求电源不受电力中断或扰动现象的影响。大规模电力事故的后果已经记录在案。最近在美国进行的一项研究表明，工业企业和数码厂商每年因为电力中断损失达 457 亿美元¹。纵观所有的商业部分，由于电力中断造成的损失估计有 1040 亿美元到 1640 亿美元另外，因为其它电力质量问题造成的损失，也高达 150 亿美元到 240 亿美元。在工业自动化加工中，所有生产线将失去控制，导致现场工作人员面临危险状况，并造成严重的物料浪费。在大型金融机构中，处理中断会造成每宕机一分钟高达数千美元无法挽回的损失，随之而来还有数小时的恢复时间。由于电力中断导致的程序中止和数据损坏可能使软件恢复操作出现问题，而这些问题可能需要花费几周时间才能解决。

许多电力问题的根源都在于商业用电网络，其蔓延数千英里的输电线路会受到各种天气状况的影响，比如飓风、雷雨、大雪、冰冻、洪水以及随之而来的设备故障、交通事故以及主要的转换操作，。影响当今的高科技设备的电力问题还经常是某个楼宇内各种各样的状况，比如土建、重负荷启动、劣质的配电部件，甚至是常有的背景电噪音。

在处理电源扰动时，首当其冲是采用一致的术语

从家用电子产品到大规模控制设备中电子产品的大范围的应用以及高耗能的工业加工行业，已经提高了人们对电能质量的关注度。电能质量电源质量通常被定义为电力能的任何变化，如电压，电流和频率的变化，会干扰电子设备的正常工作。

电力公司、大型工业公司、企业甚至是家庭用户都在关注着电源质量的研究以及控制电源质量的方法。更进一步的研究表明，设备已经变得甚至对电源电压、电流和频率中的瞬间变化都越来越敏感。但遗憾的是，在描述许多现有的电力扰动现象时使用了许多不同的术语，这些术语造成了概念混淆，并且使对当今电源质量问题的讨论、研究和改进变得更为困难。电气和电子工程师协会 (IEEE) 通过制定了包含电力扰动定义在内的标准，已经尝试解决此问题。该标准 (IEEE 标准 1159-1995 “IEEE 关于监测电源质量的操作规程建议”) 描述了许多电源质量问题，本白皮书将讨论其中最常见的一些问题。

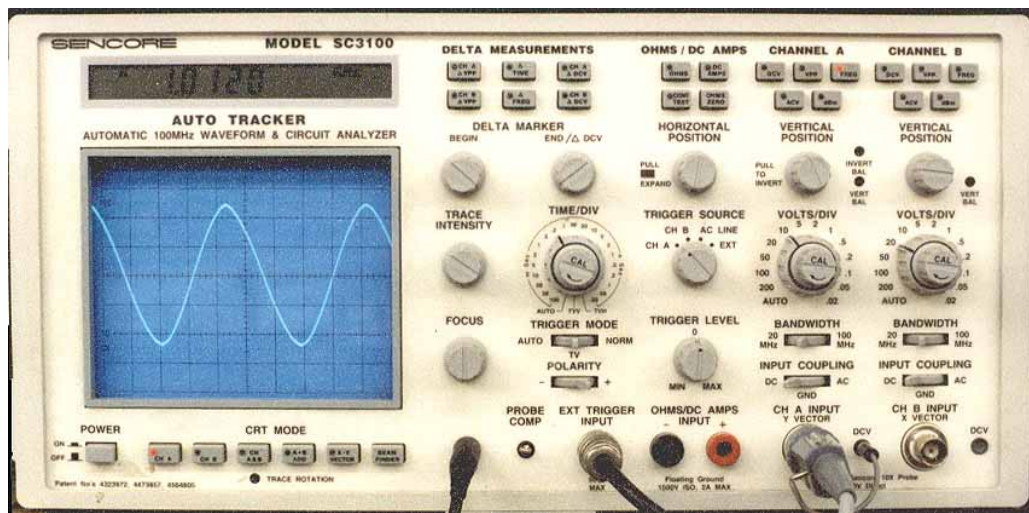
如何看待电力？

电是由电磁感应产生。商业用电是以交流电 (AC) 的方式提供的一种无声的、似乎取之不尽的能量源，由发电厂发电，变压器升压，并传输数百英里之远到达区域中的任何地点。了解电能在一小段时间内发挥的作用，有助于我们理解简单平稳的交流电对于我们所依赖的精密系统的稳定运行有多么重要。通过示波器，我们可以看到电能的波形。在理想的环境中，商用交流电显示为一种平滑对称的正弦波，根据您所处的地区，每秒变化 50 或 60 个周期 (即，50 或 60 赫兹 Hz)。图 1 显示出普通 AC 正弦波在示波器上的波形。

¹ 白皮书“The Cost of Power Disturbances to Industrial & Digital Economy Companies”，版权所有 2001 年，Electric Power Research Institute。

图1

正弦波的示波器波形



上图所示的正弦波形表示从正值到负值的电压变化（每秒 60 次）。当此流动波形的大小、形状、对称性、频率发生变化或者出现缺口、脉冲、振荡或降到零（不过是暂时的）时，这些就是电力扰动。在本白皮书中，我们将通过上述理想正弦波的简单的图示变化来展开本文中讨论的七类电源质量扰动。

正如所述，在整个电力行业和企业界中，电力扰动术语的使用是含糊不清的。例如，在某个工业部门看来，术语“浪涌”意味着电压的瞬间升高，通常由于重负荷断开导致。另一方面，术语“浪涌”指的是持续时间从微秒级到毫秒级具有极高峰值的瞬变电压。后者通常与闪电击中以及触点开关产生的瞬间放电或电弧放电。

IEEE 标准 1100-1999 已经指出术语含糊不清的问题，并且建议在专业报告或参考资料中不要使用许多术语的俗称，因为它们无法准确地描述问题的特性。同时 IEEE 标准 1159-1995 也将协同专业团体提供关于电源质量一致性的术语作为目标来解决该问题。下面是一些模糊的术语：

断电	变暗	变亮	功率浪涌
干净能源	浪涌	中断	闪烁
电网污染	频率偏移	干扰	尖峰
原始电源	原始市电	瞬时闪烁	

举例如果能够有效地理解电力，比如说知道中断和暂态振荡之间的不同，那么在购买电力校正设备是，决策可能完全不同。如果购买了的不当的电力校正设备，该错误可能会导致严重的后果，其中包括宕机、钱财损失，甚至会造成设备损坏。

本白皮书中所列举的 IEEE 定义的电源质量扰动，根据波形划分为类：

1. 瞬变现象
2. 中断
3. 电压暂降/欠电压
4. 电压暂升/过电压
5. 波形畸变
6. 电压波动
7. 频率抖动

本白皮书将对以上类别分别加以说明并给出图示便于阐明不同电力扰动之间差别。

1. 瞬变现象

瞬变现象有可能是最具破坏性的电力扰动类型，它分为两种子类别：

1. 脉冲型
2. 振荡型

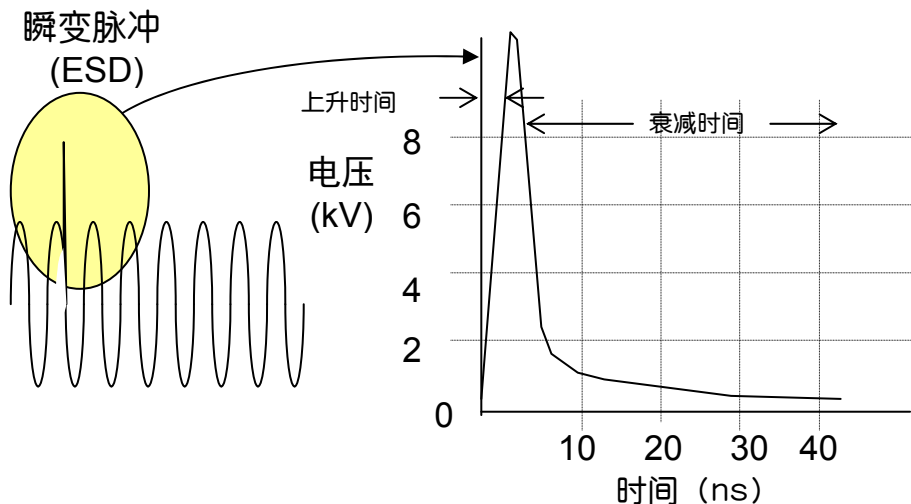
瞬变脉冲

瞬变脉冲电压是电压和/或电流正向或负向急速升高的现象。根据这些脉冲瞬变发生的速度（快、中、慢），可以对这些类型的现象进一步加以划分。脉冲瞬变变化是在很短的持续时间内（不到 50ns）变化的非常快（在 5ns 内从稳定状态到脉冲峰值）。

注：[1000 纳秒 (ns) = 1 微秒 (μ s)] [1000 微秒 = 1 毫秒 (ms)] [1000 毫秒 = 1 秒]

中由静电放电 (ESD) 现象导致的正脉冲瞬变，如图 2 所示。

图 2
正瞬变脉冲



瞬变脉冲即是大多数人所知的浪涌或尖峰。许多不同的术语已经用来描述瞬变脉冲，如冲击、毛刺、电浪涌和尖峰。

造成瞬变脉冲的原因包括闪电、接地不良、感性负载切换、市电故障排除以及静电放电 (ESD)，其结果可能会造成数据丢失（或损坏）甚至设备的损毁。而其中以闪电破坏性最强。

雷暴天气时，由于闪电造成的电力问题很常见。敏感设备毫无疑问可以被蕴含着巨大能量足以照亮整个夜空的闪电所摧毁。此外，这样的破坏并非闪电直接击中所致。如图 3 所示，附近的导电部件因闪电生成的磁场所产生的感生电流，会带来大量的潜在损坏。

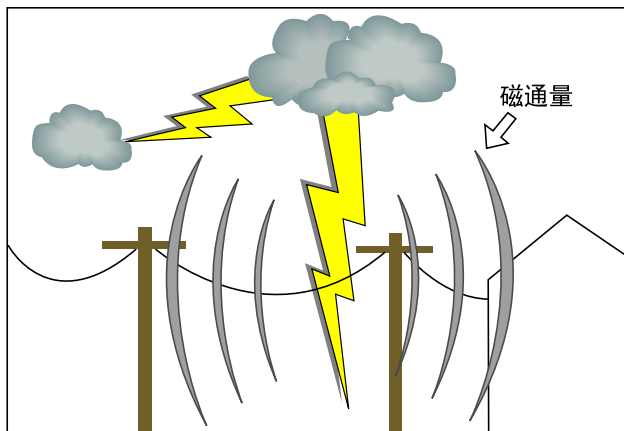


图 3

闪电生成的磁场

当遇到脉冲瞬变时，两种最可行的保护方法是：消除潜在的 ESD，以及使用浪涌抑制设备（通常称为瞬变电压浪涌抑制器 TVSS 或浪涌保护设备 SPD）。

尽管 ESD 可以在您的手指上产生电弧而不会对您造成伤害，但有点出人意料的是，这么一点静电却足以使整块计算机主板损毁，并且再也无法工作。在数据中心、印刷电路板生产机构或者人员直接接触 PCB 的任何类似环境中，消除可能的 ESD 是至关重要的。例如，几乎任何数据中心环境都会对室内的空气进行调节。空气调节不仅仅是冷却空气，帮助带走数据中心内设备产生的热量，而且能够调整空气湿度。保持空气湿度在 40 - 55% 之间将减少 ESD 发生的几率。如果在冬天（空气非常干燥的），您有将鞋底和地毯摩擦后，开门时握门把手被电弧电到，或者您故意恶作剧式用手去碰别人的耳朵的经历，那么您就能明白湿度对 ESD 的影响有多大。在有 PCB 的环境中，如任何小型计算机维修公司，您会看到将人体接地的设备，包括手腕带、防静电地垫和台垫以及防静电鞋等。大多数这种设备通过导线接地这样可以保护人员不会受到电击，并且还可以将潜在静电泄放到地。

SPD 已经使用了很多年。如今这些设备仍然在电力系统，大型设施和数据中心的设备，以及小型企业和家庭使用；随着金属氧化物变阻器 (MOV) 技术的完善，这些设备的性能也日渐提升。利用 MOV 能够可靠地抑制瞬变脉冲、电压暂升以及其它高电压状况，而且可以将 MOV 与热触发设备，如断路器、热敏电阻，以及其它组件，如电子管和晶闸管，结合使用。某些情况下，电气设备本身就内置了 SPD 电路，比如内置有抑制功能的计算机电源。更常见的情况是，当紧急电池供电时或者当电力供应超出标称范围，或安全范围，或供电条件时，SPD 可单独作为浪涌抑制装置使用，或者配备在 UPS 里提供浪涌抑制。

SPD 和 UPS 设备串联使用是保护电子设备免受电源扰动影响的最有效方法。此方法将 SPD 装置将放在线路入口处，并且根据能量吸收能力的大小来选型。将瞬时过压限制在随后的电气子板以及敏感设备的所能承受或免于干扰的水平。特别注意的是选择电压等级和能量吸收能力以及调节该装置使其有效工作。还应注意浪涌抑制设备的容量防止 MOV 失效。尽管 MOV 的浪涌抑制能力随时间是一致的，但它的抑制能力仍然会随着使用而退化，或者，如果超出了其额定的有效抑制能力，MOV 也可能失败。如果 MOV 超出临界值而不再有用时，SPD 应能够中断电路，并防止任何会造成损坏的异常电进入它所保护的设备，这一点非常重要。有关此主题的更多信息，请参见的第 85 号白皮书《数据线瞬变电压的产生与保护》。



资源链接

第 85 号白皮书

数据线瞬变电压的产生与保护

暂态振荡

暂态振荡是信号电压和/或电流在稳态时的突然变化，在正向和负向信号防护区段处发生，并按系统自然频率振荡。简而言之，瞬变电压会使电力信号以非常快的速度交替放大缩小。暂态振荡经常会在一个周期内衰减到零（衰减暂态振荡）。

暂态振荡发生在关闭感性负载或容性负载时，如马达或电力电容器，负载阻抗发生变化导致的暂态振荡。这类似于突然关闭水流很急的水龙头时，听到管道中敲击声一样。流动的水试图对抗该变化，因此水就发生了相当于暂态振荡的流动。

例如，在关闭旋转马达时，它在断电时可简单的看作是一个发电机，产生电能并传输至配电系统。在打开或关闭电源时，较长的配电系统就像是一个振荡器，因为线路上的固有电感和分布电容形成阻尼振荡。

当带电电路上出现了暂态振荡，通常是由于市电开关操作引发，尤其是在电力电容器自动接入系统，将会对电子设备造成很大的破坏。如图 4 所示，由于电容充电而引起的典型的低频暂态振荡。

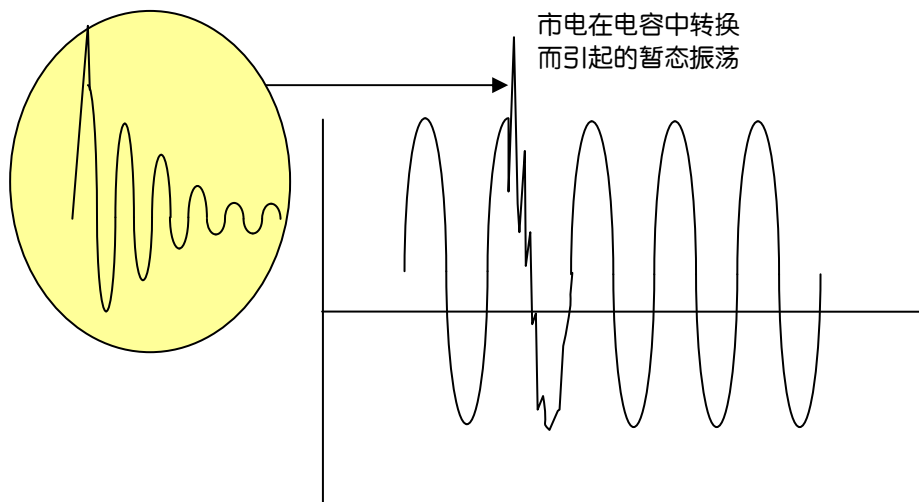


图 4
暂态振荡

与电容切换及其暂态振荡有关的最常见问题是变速驱动器 (ASD) 跳闸。相对较慢的瞬变会导致直流电压（用以激活 ASD 运转）升高，使得驱动器根据过电压指示而断路。

解决容性跳闸的一种常见方法是安装电容器交流接触器或扼流线圈，它们可将暂态振荡抑制到一个可控的水平。这些感应器可以安装在驱动器之前或安装在直流电路上，并且作为大多数 ASD 上的标准配件或选择型配件提供。（注：将在下面的“中断”一节中进一步讨论 ASD 设备。）

另一种越来越多人使用的解决电容器切换瞬变问题的方法是电压开关。当正弦波的弧形下降并到达零电平（在变为负之前）时，如图 5 中所示为零电压。电容器切换的发生位置离正弦波的过零点越远，其产生的瞬变电压幅度就越大。零电压开关，通过监测正弦波以确保电容器切换发生在离正弦波的过零点尽可能近的位置的即可解决该问题。



图 5
零交叉

诚然，使用 UPS 和 SPD 系统也可以非常有效地降低暂态振荡可能造成的危害，特别在常见的数据处理设备（比如网络中的计算机）之间。不过，SPD 和 UPS 设备有时无法防止跨系统发生的暂态振荡，而零交叉开关和/或扼流器类型的装置则可以在专用设备上来防止这类问题，如生产车间机械设备及控制系统。

2. 中断

中断（图 6）的定义是供电电压或负载电流的完全消失。视其持续时间而定，中断可分为瞬时中断、暂时中断、短时中断或持续中断几类。各种中断类型的持续时间范围如下所示：

瞬时中断	0.5 到 30 个周期
暂时中断	30 个周期到 2 秒
短时中断	2 秒到 2 分钟
持续中断	2 分钟以上

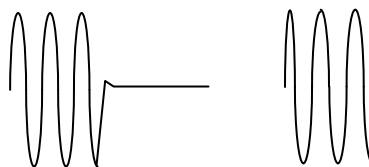


图 6

短暂中断

中断的原因可能有很多，但通常是某种类型的电力供电网损坏造成的，比如闪电、动物、树木、车辆事故、有害天气（强风、线路上积雪或结冰太厚等）、设备故障或者基本断路器跳闸。尽管市电基础设施在设计上可以自动校正许多此类问题，但它并不一贯正确可靠。

举例来说，在商业用电系统中普遍导致中断的许多常案例之一是市电保护装置，比如输电线路自动重合闸。自动重合闸决定了大多数中断的时间长度，具体情况取决于故障的性质。自动重合闸是电力公司使用的用于察觉由于市电基础设施中的短路引起的电流升高，并在故障发生关闭供电。自动重合闸会在一个设定的时间后输电给供电线路，并尝试烧毁造成短路的物体（此物体通常是跨接在火线和地之间的树枝或小动物）。

如果您曾经遇到过房屋中供电停止，而在几分钟之后当您拿出蜡烛时又都恢复正常，那么您就可能体验过电力中断。当然，您的家中停电甚至停一晚上都可能仅仅是个不方便，但对于企业而言则还可能造成很大的损失。

不管是瞬时中断、暂时中断、短时中断还是持续中断可能会对小到家庭用户大至工业用户造成破坏、损坏和宕机。家庭或小型企业计算机用户由于设备掉电信息损坏可能会丢失重要的数据。工业客户由于中断面临的将可能是更大损失。许多工业流程都依赖于某些机械元件持续不断的运转。如果这些元件由于中断而突然停止，将可能会造成设备损坏、产品报废，并且还会带来与停机、清理和重新开机相关的花费。举例来说，如果一家生产纱线的工业用户遇到短暂中断，则可能会导致抽纱过程“停止”，从而造成极大的浪费并引起停机。必须按特定的速度和密度抽纱才能确保最终产品的质量和类型达到预计要求。必须将不合格的纱线从纺纱机中清理出来并且必须重新拉直丝条。正如您能想像到的，这样将花费很多的精力，并且会造成长时间的停机。同时的浪费还有已经毁坏了的一定数量的纱线。

应对中断的解决方法多种多样，有效性各有千秋，费用也有高有低。首先要做的第一件事就是消除或降低潜在问题发生的可能性。用电系统的良好设计和维护当然是必不可少的。工业用户的系统通常与用电系统一样，应用广泛且脆弱因此也需要良好设计和维护。

降低了问题发生的可能性后，就需要采用额外的设备或设计方法以使用户的设备或工艺具备承受能力，即在电源质量扰动期间保持持续运行，或者具备在不可避免的中断之后、和中断期间重新开始运转的能力。使用最为广泛的缓解设备是不间断电源（UPS）、发电机，以及采用冗余系统和能量存储的系统设计技术。在掉电时，这些形式的替代电源将可以接管。笔记本电脑就是用户类似的例子。将笔记本电脑插上电源后，它从墙上插座上获得电力，同时电力将缓缓地给笔记本电脑内部电池充电。拔掉笔记本电脑的电源后，电池将立即接管并向笔记本电脑提供电力。开关技术的应用已经允许在不到半个周期内使用能量存储系统。

术语“持续中断”描述了这样一种情况：在商业用电系统中，自动保护装置由于故障性质的原因而无法重新供电，并且需要人工干预。用此术语描述这种情况更为准确，而不是常用的术语“断电”。术语“断电”实际上是指系统中的组件未能按预期方式工作（IEEE 标准 100-1992）。

如果电力中断超过两分钟以上，那么或许可以肯定地说，您遇到了持续中断。稍后您会看到来修复室外的电力线路电力公司的卡车出现。

3. 电压暂降 / 欠电压

图 7

电压暂降



电压暂降(图 7)是指给定频率下，交流电压下降，经历半个周期到 1 分钟的短暂持续期后恢复正常。电压暂降通常是因系统故障造成的，或当启动电流过高的负载开启时也常会发生。

电压暂降的常见原因包括启动重负荷（比如首次启动大型空调设备）以及远程电力设备故障排除。同样，启动工业厂房内大型电机也可能导致电压显著降低（电压暂降）。电机在启动时的电流是正常运行电流的六倍还多。如果突然有大的电力负载，很可能使电机所在电路的电压明显降低。可以想像一下，当您正在淋浴时，有人打开了您房屋中的所有水龙头，情况将会是怎样。水将可能变冷，并且水压会降低。当然，要解决此问题，您可能要有另一台专用于淋浴的热水器。对于启动负载很大会消耗大量启动电流的电路而言，道理是一样的。

尽管针对重负荷的启动，增加专用电路可能是最有效的解决方法，但这种方法并非总是经济实用的，特别是一个工厂有许多重负荷设备需要启动时。解决启动重负荷的其它方法包括使用替代启动电源，这些电源在电机启动时不带载电气基础设施的其余负荷，比如带有自耦变压器或星形-三角形配置的降压启动器就是这种电源。还可以使用固态类型的软启动器，它可以有效地缓解电机启动时的电压暂降。最近可调速驱动器 (ASD)，可根据负载或其它用户改变电机速度，则更为经济有效地控制生产过程，另一个好处是解决了大型电机启动的问题。

正如在“中断”章节中提到的，电力基础设施尝试消除远程故障的过程可能会为最终用户带来问题。如果这种问题较明显，就会被看作是中断。不过，对于消除较快或快速恢复问题，也可能表现为电压暂降。用于解决中断问题的一些方法也可以用来解决电压暂降问题：UPS 设备、发电机以及系统设计技术。但是，电压暂降所造成的损坏知道看到后果（设备损毁、数据破坏、工业加工过程中出错）才显示出来。

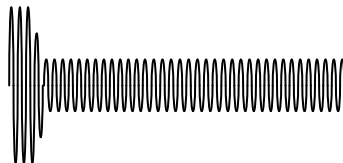
作为一项增值服务，一些电力公司现在向客户提供生产过程的电压暂降分析服务，尽管这项服务仍然处于起步阶段。电压暂降分析可用来确定在什么电压暂降水平时，设备可以或无法运行。在进行研究并确定薄弱点后，对信息进行收集、分析并报告给设备生产商，以便它们能够改进其设备的承受能力。

欠电压

欠电压(图 8)是长期的电压暂降问题。曾经常用于描述此问题的术语是“掉电”，该术语已被术语“欠电压”所取代。“掉电”一词的意义模糊，也指为了应付商业用电高峰而采取电力管制。欠电压可能导致电机过热，也可能造成非线性负载（如计算机电源）故障。解决电压暂降的方法也适用于欠压。然而使用电池电力前如果 UPS 具有用逆变器调整电压的能力不需要频繁地更换 UPS 电池。更重要的是，如果欠电压状态持续保持，则可能是严重设备故障、配置问题或者需要解决电力供应问题的征兆。

图 8

欠电压

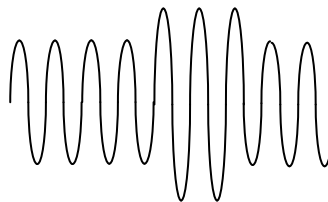


4. 电压暂升/过电压

电压暂升（图 9）正好与电压暂降相反，是指交流电压暂时上升，经历持续半个周期到 1 分钟时间短暂持续期后恢复正常。电压暂升通常是因零线阻抗过高、负荷（特别是重负载）急速下降，以及三相系统发生单一相位故障所致。

图 9

电压暂升



结果导致数据错误、电灯闪烁、电气触点剥蚀、电子产品中的半导体损坏以及绝缘。常用的解决方法包括使用电力线调节器、UPS 系统以及铁磁谐振变压器。

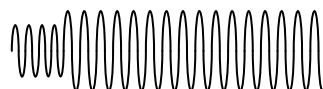
与电压暂降很像，电压暂升直到看到后果才显现出来。通过使用 UPS 和/或同时对输入电力事件进行监控和记录的电力调节设备，将有助于衡量这些事件将在何时发生，以及多久发生一次。

过电压

过电压（图 10）可能是长期电压暂升的问题。过电压想像为拉长期、的电压暂升。过电压通常是因电源供应变压器接头设定不正确并且负载下降所致。这种情况常见于季节性的地区，淡季时居民的用电量会减少，但却仍然提供为用电高峰季节设定的输出电力，即使电力需求少了很多。它就像将您的拇指按在浇水软管的末端一样。尽管流出水管的水量保持不变，但因为出水口变小了，所以压力将会增大。过电压状况可能造成高电流，并导致下游断路器不必要地断开，以及设备过热。

图 10

过电压



由于过电压实际上只是持续的电压暂升，因此适用于电压暂升的相同 UPS 或调节设备将也适用于过电压。但是，如果输入电力持续保持过电压状态，则可能也需要对进入设备的市电进行校正。过电压同样也有与电压暂升相同的征兆。由于过电压可能持续时间更长，过热可能是过电压的外部表现。对于在正常环境条件和使用情况下会产生一定热量的设备而言，过电压引发其输出热量突然增大。在密度高的数据中心环境中，这样会造成损害。对于 IT 企业而言，非常大的顾虑就是热量以及其对当今带有很多紧密封装的刀片式服务器的数据中心的影响。

5. 波形畸变

有五种主要类型的波形畸变：

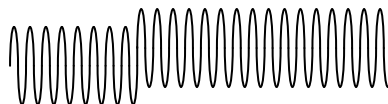
1. 直流偏置
2. 谐波
3. 谐波间波
4. 毛刺
5. 噪音

直流偏置

之所以交流配电系统中可能会感生出直流电 (DC)，原因通常是遍布于现代设备中的交流转直流的整流器出现了故障。直流电流过交流电系统，使已按运行在额定电平装置中流过不必要的电流。直流电的流动会导致变压器过热和饱和。当变压器饱和时，它不仅仅会变热，而且将无法向负载传输充足的电力，而随之产生的波形畸变进一步会使电子负载设备运行不稳定。直流偏置的示意图如图 11 所示。

图 11

直流偏置



解决直流偏置的方法是更换导致问题的故障设备。模块化、可更换的设备大大简化了解决故障设备所导致的直流偏置问题，并且降低了需要专业维修人员维修人力成本。

谐波

谐波畸变 (图 12) 是指基波的倍频正弦波造成的波形畸变。(例如，180Hz 是基波为 60Hz 的三次谐波： $3 \times 60 = 180$)。

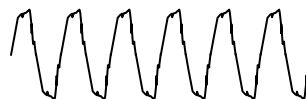
谐波问题的征兆包括变压器、零线以及其它电力传输设备过热，还包括断路器动作以及依赖于干净的正弦波过零点触发的时间同步电路失效。

过去由于开关电源 (SMPS) 的特性，IT 设备带来的谐波畸变一个很严重的问题。非线性负载以及许多容性设计仅在电压的每个正向和反向峰值附近“吸吮”电力，而不是在每个全半周期吸收电流。开关电源一般使用配电系统中三相中的某个单相，其大约三分之一周期的导通产生的电流流过零线。所有开关电源的回流在零线叠加而不是抵消，产生非常高的零线电流，理论上是最高是最大相电流的 1.73 倍。超负荷的零线会导致配电的路线上出现极高的电压，导致连接其中的设备严重损坏。同时，这么多的开关电源每个电压半周期的峰值吸收能量，由此导致变压器饱和以及随之而来的过热现象。造成此问题的其它负载包括变速电动机驱动器、灯具镇流器以及大型的传统 UPS 系统。用于缓解此问题的方法包括加粗零线、安装 K 级变压器以及谐波滤波器。

过去十年来 IT 行业引人注目的发展的驱使下，IT 设备的电源设计已经通过国际标准加以改进。在不久的过去，主要的改进用以补偿系统内产生过多谐波电流的大量 IT 设备电源还会对电气基础设施造成的压力。许多新的 IT 设备电源设计有功率因数校正电路，使其以线性、无谐波负载方式运行。这样的电源不会产生多余的谐波电流。

图 12

典型的谐波畸变



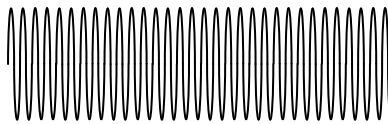
谐间波

谐间波 (图 13)，通常是由电气设备，如静止变频器、感应电动机和电弧装置，施加于供电电压上的信号一种波形畸变。控制滚轧机、搅拌机和矿山设备中使用的大型线性马达的周波变换器会造成一些最显著的谐间波电源问题。这些设备可将供电电压转换为频率低于或高于供电频率的交流电压。

谐间波最明显的影响是可以通过显示器和白炽灯闪烁注意到，并且可能会导致变热以及通信干扰。

图 13

谐波波形畸变

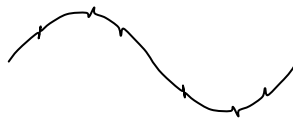


解决谐波的方法包括使用滤波器、UPS 系统和线路调节器。

毛刺毛刺（图 14）是一种由电子设备，如变速传动装置、调光器和弧焊机，在正常运行条件下导致的周期性电压扰动。此问题可能会被描述为瞬时脉冲问题，但是，由于毛刺在每半个周期上呈周期性出现的，因此毛刺被认为是波形畸变问题。毛刺的常见后果是系统停机、数据丢失和数据传输问题。

图 14

毛刺



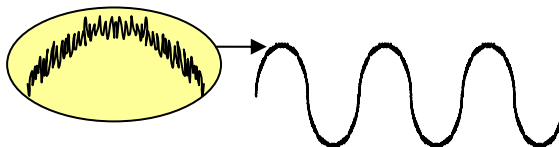
解决毛刺问题的一种方法是尽可能将负载远离以上电子设备。如果无法移动设备的位置，那么 UPS 和滤波器也是可行的解决毛刺问题方法。

噪音

噪音（图 15）是叠加在电力系统电压或电流波形上的多余电压或电流。噪音可能是由电力电子设备、控制电路、弧焊机、开关电源、无线电发射机等所产生的。不良接地使系统更易受到噪音的影响。噪音可导致诸如数据错误、设备失效、元件长久失效、硬盘故障和视频显示失真等问题。

图 15

噪音

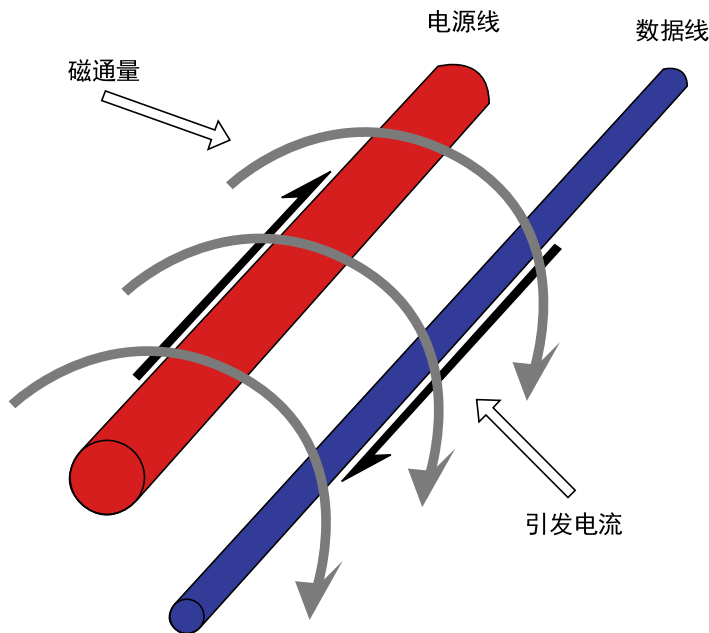


有多种不同的噪音控制方法，有时必须要结合使用多种不同的方法才能达到所需的效果。下面是其中一些方法：

- 通过 UPS 隔离负载
- 安装接地的屏蔽的绝缘变压器
- 移动负载使其远离干扰源
- 安装噪音滤波器
- 屏蔽电缆

噪音最常见的后果之一是数据损坏。如图 16 所示，EMI（电磁干扰）和 RFI（射频干扰）可能会在传输数据线上产生感应电流和感应电压。由于数据是数字信号（电压有无分别用 1 和 0 表示）传播的，因此，数据线上的额外电压可能会导致出现不匹配或相反数据。典型案例是当网络布线穿越吊顶上的荧光灯时，网线就会有感应的噪音。荧光灯会产生明显的电磁干扰，如果网络布线的距离过近，将可能会导致数据出错。当网络布线位置离高负载输电线路的距离过近时，通常也会发生这种情况。在装有高架地板的数据中心内，电线线路通常与网络布线并排放在一起，因此会增加出现噪音的几率。

图 16
电磁感应

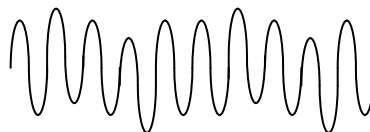


解决这类问题的方法将数据传输设备和/或布线远离 EMI/RFI 源的位置，或者为数据设备和/或布线加上额外的屏蔽以减轻或抵消 EMI/RFI 的影响。

6. 电压波动

电压波动与其它波形异常有着根本的不同，因此电压波动将它们放在独自的类别中。如图 17 所示，电压波动是指电压波形连续的改变，或是一连串小幅度的电压随机变动，即按电压变动频率低于 25 Hz 频率电压有效值为标称值的 95% 到 105%。

图 17
电压波动

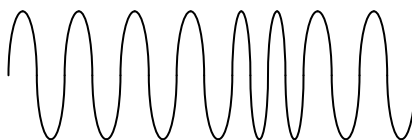


任何负载的明显电流变化会导致电压波动。在输配电系统上，导致电压波动的最常见原因是电弧炉。此问题的表征之一是白炽灯闪烁。解决电压波动的方法有：移去造成问题的负载，重新部署敏感设备，或者安装电力调节器或 UPS 设备。

7. 频率抖动

频率抖动（图 18）现象在稳定的电力系统中极为罕见，尤其是通过电力网互连的系统。在配有专用备用发电机或电源基础设施不齐全的地方，如果发电机负荷过重，就特别容易发生频率抖动。IT 设备具有适应频率抖动的能力，通常不会受到局部的发电机频率轻微变化的影响。任何依赖于电力系统中平稳的周期信号电机或敏感设备会受频率抖动的影响。频率抖动可能会导致电机按输入电力的频率较快或较慢速度运行，这样将会使电机的运行效率低，并且/或者电机速度的提高和/或额外的电流消耗的增加会导致电机变热和性能降低。

图 18
频率抖动



为了应对频率抖动的问题，应对导致频率抖动的所有发电设备及其它电源进行评估，然后修复、校正或更换。

电压不平衡

电压不平衡不是一种波形畸变。但是，由于在评估电源质量问题时必须注意电压不平衡，因此应该在本白皮书中对其加以讨论。

简而言之，电压不平衡，如其名称所示，是指供电电压不相等。尽管外部的市电供电可能导致这些问题，但电压不平衡的常见根源在内部，由设备负载所导致的。更具体地说，在三相配电系统给三相负载供电的同时，其中的某一相也会给某些单相设备供电，就发生电压不平衡问题。

通常，这些不平衡表现为发热，特别是对于固态电机尤为如此。较严重的不平衡可能会导致电机部件过热，和电机控制器出现间歇性故障。

判断电压不平衡的一种快速方法是取三相供电电压之中最高和最低电压差不应超过最低供电电压的 4%。下面举例介绍这种快速简单的判定方法。

举例：

A相供电电压：	220 V
B相供电电压：	225 V
C相供电电压：	230 V
最低相电压：	220 V

220V 的 4% = **8.8V**

最高电压和最低电压的差：**10V**



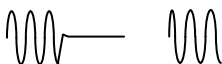
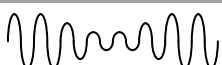






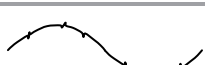


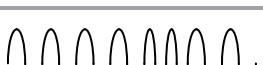
10V > 8.8V – 过于不平衡!

纠正电压不平衡的方法包括重新配置负载，或者让电力公司改变输入电压（如果不平衡不是由内部负载造成的）。

表 1 汇总了上述讨论的各种电源扰动，并提供了可能的解决方法以缓解这些问题可能对业务运营造成的影响。

表 1

各种扰动问题及解决方法的汇总

扰动类别	波形	影响	可能的原因	可行的解决方法
1. 瞬变现象				
瞬变脉冲		数据丢失、或数据损坏、系统停机	闪电、ESD、开关切换、市电故障排除	TVSS, 保持湿度在 35-50% 之间
暂态振荡		数据丢失、或数据损坏	切换感性负载或容性负载	TVSS、UPS、感应器/扼流器、零电压开关
2. 中断				
		数据丢失、或数据损坏、宕机	开关切换、市电故障、断路器跳闸、部件故障	UPS
3. 电压暂降 / 欠电压				
电压暂降		系统停机、数据丢失、宕机	启动负载、故障	电力调节器、UPS
欠电压		系统停机、数据丢失、宕机	市电故障、负载变化	电力调节器、UPS
4. 电压暂升 / 过电压				
电压暂升		令人讨厌的跳闸、设备损坏/寿命缩短	负载变化、市电故障	电力调节器、UPS、铁磁谐振变压器
过电压		设备损坏/寿命缩短	负载变化、市电故障	电力调节器、UPS、谐振变压器
5. 波形畸变				
直流偏置		变压器发热、接地故障电流、令人讨厌的跳闸	整流器或电源故障、	问题排查并更换有故障的设备
谐波		变压器发热、系统停机	非线性负载电子负载	重新配线、安装 k 级变压器、使用带 PFC 的电源
谐波间波		电灯闪烁、发热、通信干扰	控制信号、故障设备、周波变换器、变频器、感应电机、电弧装置	电力调节器、滤波器、UPS
毛刺		系统停机、数据丢失	变速传动装置、弧焊机、调光器	重新配线、移动敏感负载的位置、安装滤波器、UPS
噪音		系统停机、数据丢失	无线电发射机、故障设备、不可靠接地、靠近 EMI/RFI 源	移走发射机、重新配置接地、远离 EMI/RFI 源、加强屏蔽、滤波器、隔离变压器
6. 电压波动		系统停机、数据丢失	无线电发射机、故障设备、不可靠接地、靠近 EMI/RFI 源	重新配线、移动敏感负载的位置、电源调节器、UPS
7. 频率抖动		系统停机、电灯闪烁	负载设备运转断断续续	重新配线、移动敏感负载的位置、电源调节器、UPS

结论

电子产品的广泛使用，已经唤起了人们对电源质量及其对企业使用的关键电子设备造成影响的关注。商业运作越来越依赖于小型微处理器，而这些微处理器对很小的电力波动都非常敏感。这些微处理器可以控制速度极快的自动化机械设备，以及不能宕机的包装生产线。因此本文介绍了一些经济的解决方法来限制或消除电源质量扰动的影响。但是，为了便于行业沟通并了解电力扰动以及如何防止电力扰动，需要采用通用的术语和详细说明来描述不同的现象。本白皮书尝试详细说明和阐释了 IEEE 标准 1159-1995 “IEEE 关于监测电源质量的操作规程建议”中概述的电源质量扰动。

不管企业规模如何，其目标都是缩短设备停机时间和降低生产费用，提高利润。通过对电气环境以及设备易受电源质量扰动的程度加以了解=沟通，将有助于找到实现业务目标的更好方法。



关于作者

Joseph Seymour 是位于 West Kingston, RI 的 Schneider Electric 索赔部门的首席索赔分析师。他负责对灾难性瞬变电压事件引起的损坏进行评估和检查，并根据 APC 设备保护策略裁定客户索赔问题。

Terry Horsley 是 Schneider Electric 的独立电能质量顾问。他曾涉足工程管理、关键基础设备支持、培训、课程开发、技术文档编写以及在欧洲、东南亚和美国执行现场调查等各个领域，迄今已有超过二十年的经验。



资源

点击图标打开相应
参考资源链接



数据线瞬变电压保护

第 85 号白皮书



浏览所有白皮书

whitepapers.apc.com



浏览所有 TradeOff Tools™ 权衡工具

tools.apc.com

参考资料

- *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, IEEE Std. 1159-1995.
- Ron A. Adams, *Power Quality: A Utility Perspective*, AEE Technical Conference Paper, October, 1996.
- Wayne L. Stebbins, *Power Distortion: A User's Perspective on the Selection and Application of Mitigation Equipment and Techniques*, IEEE Textile Industry Technical Conference Paper, May, 1996.
- *IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment* (IEEE Green Book), IEEE Std. 1100-1992.
- Electric Power Research Institute / Duke Power Company, *Power Quality for Electrical Contractors* course, November, 1996.
- Square D, *Reduced Voltage Starting of Low Voltage, Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors Technical Overview*, Product Data Bulletin 8600PD9201, June 1992



联系我们

关于本白皮书内容的反馈和建议请联系：

数据中心科研中心

DCSC@Schneider-Electric.com

如果您是我们的客户并对数据中心项目有任何疑问：

请与您的 **施耐德电气** 销售代表联系

附录一 电源抗干扰能力

因为已经确定和描述了各种各样的电源扰动，所以有必要了解现代设备所能容许的电源扰动限度。并非所有电源扰动都会对现代设备造成影响。现代设备电源在短时间内能够容许的交流电压变化和扰动有一个可接受的范围。

大多数高科技设备都由低电压直流供电，而低压直流电是由重量轻，容忍度高的开关电源 (SMPS) 将标称的交流电转换为正的和负的直流电压。电源给敏感电子部件提供了最有效的屏障以阻隔了带有其背景噪声交流供电电压对其的影响。

国际标准 IEC 61000-4-11 中的规定开关电源可承受的电压扰动的大小和持续时间。同样，基于行业中 CBEMA 电源质量曲线，最初由计算机和行业制造商协会 (Computer and Business Manufacturer's Association) 制定，() 单相 IT 设备电源的使用说明提供性能曲线阐明开关电源对电力扰动最低的抗干扰能力。信息技术产业协会 (ITIC，前身是 CBEMA) 最近对原有曲线进行改进，如图 A1 中所示。曲线及应用说明可访问以下网址 www.itic.org/technical/iticurv.pdf

图 A1
ITIC 曲线

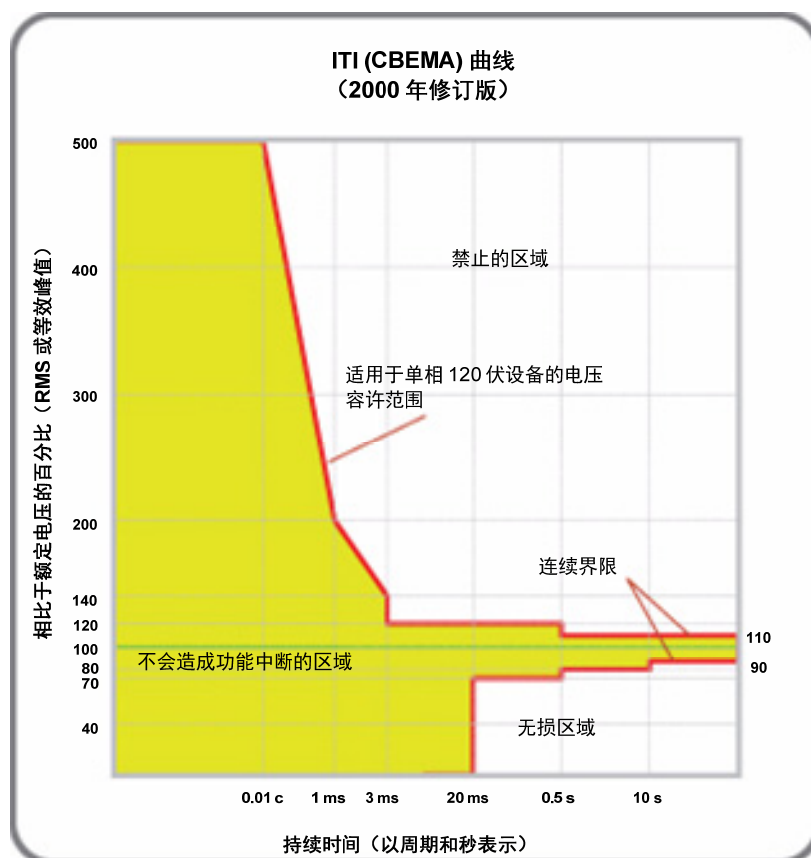


图 A1 横轴为时间轴，从初始开始，至直流电源供电后 10 秒。竖轴代表单相 IT 设备的额定电压。此设计最常见的额定电压是 120V/60 Hz 交流电压或 240V/50Hz 交流电压。零电压线可以看到电源在交流供电电压降到零后还需工作 20 毫秒，这意味着直流输出在交流电源掉电后仍需持续 1/50 秒。此曲线的另一个特征是，如果输入交流电压应降低到其额定值的 80%，则电源的直流输出仍将连续工作至少 10 秒。在 100% 线的以上，电压升高至额定值的 200%，电源必须持续时间至少 1 毫秒。在交流周波的 0.01 周期处 (例如，60 Hz 系统中的 1.6 微秒，以及 50 Hz 系统中的 2.0 微秒)，电源将容许电压升高 500%，输出不会中断。