

七種類型的電源問題

第 18 號白皮書

版本 1

作者 Joseph Seymour 和 Terry Horsley

>摘要

許多令人費解的設備故障、停機、軟體中止和資料遺失現象都是電源問題造成的。目前對於電源問題的規範化的描述存在著普遍的問題。本白皮書將電源品質借鑒 IEEE 標準中關於電源品質問題的描述，介紹幾種最常見的電源擾動類型、成因以及電源擾動對關鍵設備的影響和相應的防範措施。

目錄

簡介	2
瞬變現象	4
中斷	7
電壓暫降/欠電壓	8
電壓暫升/過電壓	9
波形畸變	9
電壓波動	12
頻率抖動	12
結論	15
資源	16
附錄	17



白皮書現收錄於施耐德電機白皮書資料庫
由施耐德電機資料中心/研究中心發表，
DCSC@Schneider-Electric.com



簡介

在當今科技發達的時代，我們已經變得非常依賴於電力的持續供應。在大多數國家和地區，商業用電是擁有許多的發電廠組成的國家級電網提供的電力輸出。電網不僅能夠滿足政府、工業、金融、商業、醫療和通訊行業的關鍵需求，同時也必須能夠滿足住宅、照明、製冷、空調和運輸的基本國民需求。商業用電真正支撐著當今快節奏的現代化世界的運行。高科技已經深深融入到了我們的家庭和事業，而電子商務的出現使得高科技正在不斷地改變著我們與外界進行交流的方式。

智慧型科技要求電源不受電力中斷或擾動現象的影響。大規模電力事故的後果已經記錄在案。最近在美國進行的一項研究表明，工業企業和數碼廠商每年因為電力中斷損失達 457 億美元¹。縱觀所有的商業部分，由於電力中斷造成的損失估計有 1040 億美元到 1640 億美元另外，因為其它電力品質問題造成的損失，也高達 150 億美元到 240 億美元。在工業自動化加工中，所有生產線將失去控制，導致現場工作人員面臨危險狀況，並造成嚴重的物料浪費。在大型金融機構中，處理中斷會造成每宕機一分鐘高達數千美元無法挽回的損失，隨之而來還有數小時的恢復時間。由於電力中斷導致的程式中止和資料損壞可能使軟體恢復操作出現問題，而這些問題可能需要花費幾周時間才能解決。

許多電力問題的根源都在於商業用電網路，其蔓延數千英里的輸電線路會受到各種天氣狀況的影響，比如颱風、雷雨、大雪、冰凍、洪水以及隨之而來的設備故障、交通事故以及主要的轉換操作。影響當今的高科技設備的電力問題還經常是某個樓宇內各種各樣的狀況，比如土建、重負荷啟動、劣質的配電部件，甚至是常有的背景電干擾。

在處理電源擾動時，首當其衝是採用一致的術語

從家用電子產品到大規模控制設備中電子產品的大範圍的應用以及高耗能的工業加工行業，已經提高了人們對電能品質的關注度。電能品質電源品質通常被定義為電力能的任何變化，如電壓，電流和頻率的變化，會干擾電子設備的正常工作。

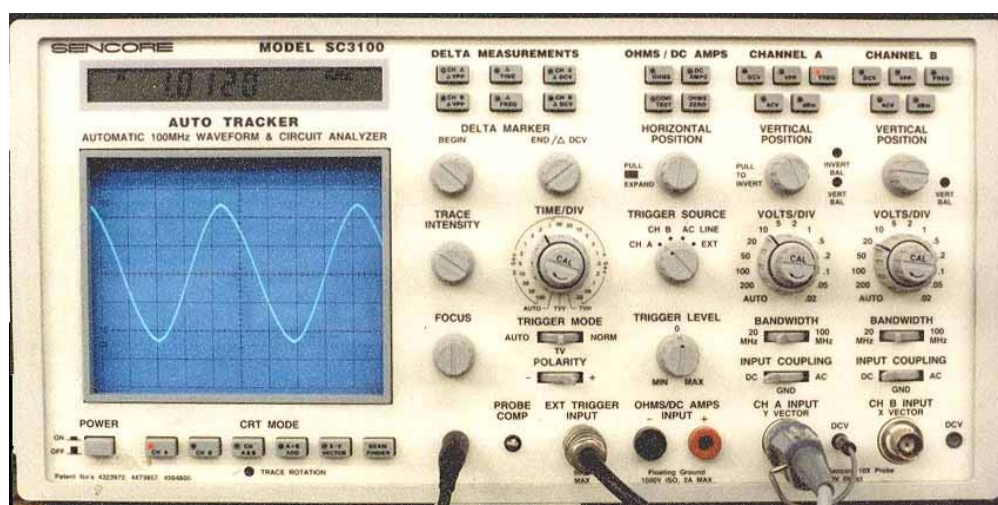
電力公司、大型工業公司、企業甚至是家庭用戶都在關注著電源品質的研究以及控制電源品質的方法。更進一步的研究表明，設備已經變得甚至對電源電壓、電流和頻率中的瞬間變化都越來越敏感。但遺憾的是，在描述許多現有的電力擾動現象時使用了許多不同的術語，這些術語造成了概念混淆，並且使對當今電源品質問題的討論、研究和改進變得更為困難。電氣和電子工程師協會 (IEEE) 透過制定了包含電力擾動定義在內的標準，已經嘗試解決此問題。該標準 (IEEE 標準 1159-1995“IEEE 關於監測電源品質的操作規程建議”) 描述了許多電源品質問題，本白皮書將討論其中最常見的一些問題。

如何看待電力？

電是由電磁感應產生。商業用電是以交流電 (AC) 的方式提供的一種無聲的、似乎取之不盡的能量源，由發電廠發電，變壓器升壓，並傳輸數百英里之遠到達區域中的任何地點。瞭解電能在一小段時間內發揮的作用，有助於我們理解簡單平穩的交流電對於我們所依賴的精密系統的穩定運行有多麼重要。透過示波器，我們可以看到電能的波形。在理想的環境中，商用交流電顯示為一種平滑對稱的正弦波，根據您所處的地區，每秒變化 50 或 60 個週期 (即，50 或 60 赫茲 Hz)。圖 1 顯示出普通 AC 正弦波在示波器上的波形。

¹ 白皮書“The Cost of Power Disturbances to Industrial & Digital Economy Companies”，版權所有 2001 年，Electric Power Research Institute。

圖 1
正弦波的示波器波形



上圖所示的正弦波形表示從正值到負值的電壓變化（每秒 60 次）。當此流動波形的大小、形狀、對稱性、頻率發生變化或者出現缺口、脈衝、振盪或降到零（不過是暫時的）時，這些就是電力擾動。在本白皮書中，我們將透過上述理想正弦波的簡單的圖示變化來展開本文中討論的七類電源品質擾動。

正如所述，在整個電力行業和企業界中，電力擾動術語的使用是含糊不清的。例如，在某個工業部門看來，術語“突波”意味著電壓的瞬間升高，通常由於重負荷斷開導致。另一方面，術語“突波”指的是持續時間從微秒級到毫秒級具有極高峰值的瞬變電壓。後者通常與閃電擊中以及觸點開關產生的瞬間放電或電弧放電。

IEEE 標準 1100-1999 已經指出術語含糊不清的問題，並且建議在專業報告或參考資料中不要使用許多術語的俗稱，因為它們無法準確地描述問題的特性。同時 IEEE 標準 1159-1995 也將協同專業團體提供關於電源品質一致性的術語作為目標來解決該問題。下面是一些模糊的術語：

斷電	變暗	變亮	功率突波
乾淨能源	突波	中斷	閃爍
電網污染	頻率偏移	干擾	尖峰
原始電源	原始市電	暫態閃爍	

舉例如果能夠有效地理解電力，比如說知道中斷和暫態振盪之間的不同，那麼在購買電力校正設備是，決策可能完全不同。如果購買了的不當的電力校正設備，該錯誤可能會導致嚴重的後果，其中包括宕機、錢財損失，甚至會造成設備損壞。

本白皮書中所列舉的 IEEE 定義的電源品質擾動，根據波形劃分為類：

1. 瞬變現象
2. 中斷
3. 電壓暫降/欠電壓
4. 電壓暫升/過電壓
5. 波形畸變

6. 電壓波動

7. 頻率抖動

本白皮書將對以上類別分別加以說明並給出圖示便於闡明不同電力擾動之間差別。

1. 瞬變現象

瞬變現象有可能是最具破壞性的電力擾動類型，它分為兩種子類別：

1. 脈衝型

2. 振盪型

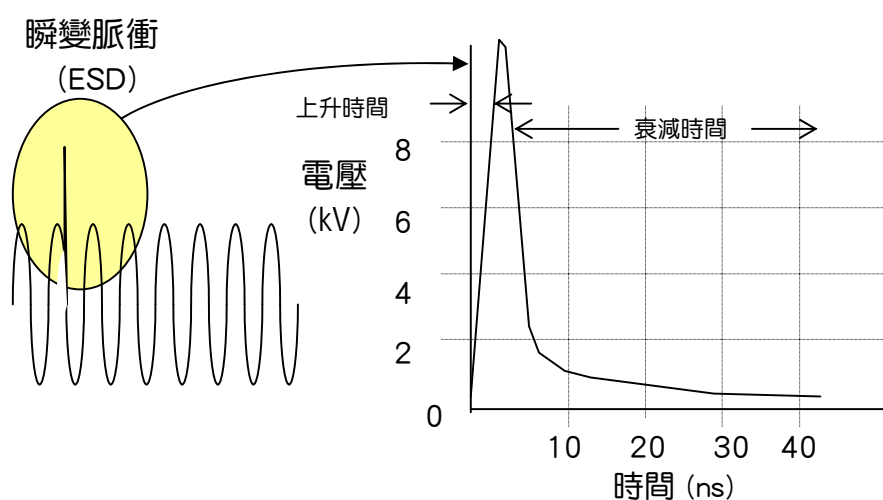
瞬變脈衝

瞬變脈衝電壓是電壓和/或電流正向或負向急遽升高的現象。根據這些脈衝瞬變發生的速度（快、中、慢），可以對這些類型的現象進一步加以劃分。脈衝瞬變變化是在很短的持續時間內（不到 50ns）變化的非常快（在 5ns 內從穩定狀態到脈衝峰值）。

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

中由靜電放電 (ESD) 現象導致的正脈衝瞬變，如圖 2 所示。

圖 2
正瞬變脈衝



瞬變脈衝即是大多數人所知的突波或尖峰。許多不同的術語已經用來描述瞬變脈衝，如衝擊、毛刺、電突波和尖峰。

造成瞬變脈衝的原因包括閃電、接地不良、感性負載切換、市電故障排除以及靜電放電 (ESD)，其結果可能會造成資料遺失（或損壞）甚至設備的損毀。而其中以閃電破壞性最強。

雷暴天氣時，由於閃電造成的電力問題很常見。敏感設備毫無疑問可以被蘊含著巨大能量足以照亮整個夜空的閃電所摧毀。此外，這樣的破壞並非閃電直接擊中所致。如圖 3 所示，附近的導電部件因閃電生成的磁場所產生的感生電流，會帶來大量的潛在損壞。

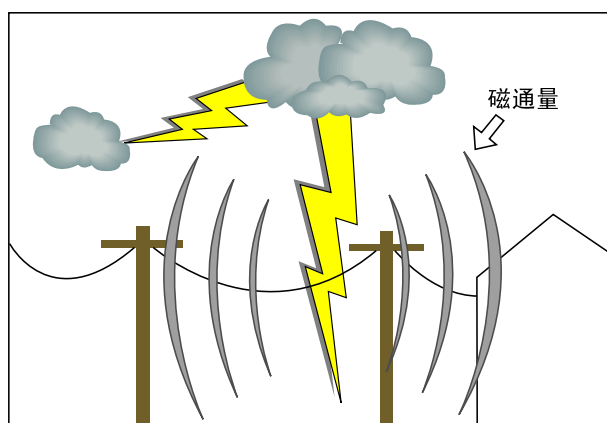


圖 3
閃電生成的磁場

當遇到脈衝瞬變時，兩種最可行的保護方法是：消除潛在的 ESD，以及使用突波抑制設備（通常稱為瞬變電壓突波抑制器 TVSS 或突波保護設備 SPD）。

儘管 ESD 可以在您的手指上產生電弧而不會對您造成傷害，但有點出人意料的是，這麼一點靜電卻足以使整塊電腦主機板損毀，並且再也無法工作。在資料中心、印刷電路板生產機構或者人員直接接觸 PCB 的任何類似環境中，消除可能的 ESD 是至關重要的。例如，幾乎任何資料中心環境都會對室內的空氣進行調節。空氣調節不僅僅是冷卻空氣，說明帶走資料中心內設備產生的熱量，而且能夠調整空氣濕度。保持空氣濕度在 40 - 55% 之間將減少 ESD 發生的幾率。如果在冬天（空氣非常乾燥的），您有將鞋底和地毯摩擦後，開門時握門把手被電弧電到，或者您故意惡作劇式用手去碰別人的耳朵的經歷，那麼您就能明白濕度對 ESD 的影響有多大。在有 PCB 的環境中，如任何小型電腦維修公司，您會看到將人體接地的設備，包括手腕帶、防靜電地墊和台墊以及防靜電鞋等。大多數這種設備透過導線接地這樣可以保護人員不會受到電擊，並且還可以將潛在靜電泄放到地。

SPD 已經使用了很多年。如今這些設備仍然在電力系統，大型設施和資料中心的設備，以及小型企業和家庭使用；隨著金屬氧化物變阻器 (MOV) 技術的完善，這些設備的性能也日漸提升。利用 MOV 能夠可靠地抑制瞬變脈衝、電壓暫升以及其它高電壓狀況，而且可以將 MOV 與熱觸發設備，如斷路器、熱敏電阻，以及其它元件，如電子管和晶閘管，結合使用。某些情況下，電氣設備本身就內置了 SPD 電路，比如內置有抑制功能的電腦電源。更常見的情況是，當緊急電池供電時或者當電力供應超出標稱範圍，或安全範圍，或供電條件時，SPD 可單獨作為突波抑制裝置使用，或者配備在 UPS 裡提供突波抑制。

SPD 和 UPS 設備串聯使用是保護電子設備免受電源擾動影響的最有效方法。此方法將 SPD 裝置將放在線路入口處，並且根據能量吸收能力的大小來選型。將暫態過壓限制在隨後的電氣子板以及敏感設備的所能承受或免于干擾的水準。特別注意的是選擇電壓等級和能量吸收能力以及調節該裝置使其有效工作。還需注意突波抑制設備的容量防止 MOV 失效。儘管 MOV 的突波抑制能力隨時間是一致的，但它的抑制能力仍然會隨著使用而退化，或者，如果超出了其額定的有效抑制能力，MOV 也可能會失敗。如果 MOV 超出臨界值而不再有用時，SPD 應能夠中斷電路，並防止任何會造成損壞的異常電進入它所保護的設備，這一點非常重要。有關此主題的更多資訊，請參見的第 85 號白皮書《資料線瞬變電壓的產生與保護》。

暫態振盪

暫態振盪是信號電壓和/或電流在穩態時的突然變化，在正向和和負向信號防護區段處發生，並按系統自然頻率振盪。簡而言之，瞬變電壓會使電力信號以非常快的速度交替放大縮小。暫態振盪經常會在一個週期內衰減到零（衰減暫態振盪）。

暫態振盪發生在關閉感性負載或容性負載時，如馬達或電力電容器，負載阻抗發生變化導致的暫態振盪。這類似於突然關閉水流很急的水龍頭時，聽到管道中敲擊聲一樣。流動的水試圖對抗該變化，因此水就發生了相當於暫態振盪的流動。

例如，在關閉旋轉馬達時，它在斷電時可簡單的看作是一個發電機，產生電能並傳輸至配電系統。在打開或關閉電源時，較長的配電系統就像是一個振盪器，因為線路上的固有電感和分佈電容形成阻尼振盪。

當帶電線路上出現了暫態振盪，通常是由於市電開關操作引發，尤其是在電力電容器自動接入系統，將會對電子設備造成很大的破壞。如圖 4 所示，由於電容充電而引起的典型的低頻暫態振盪。

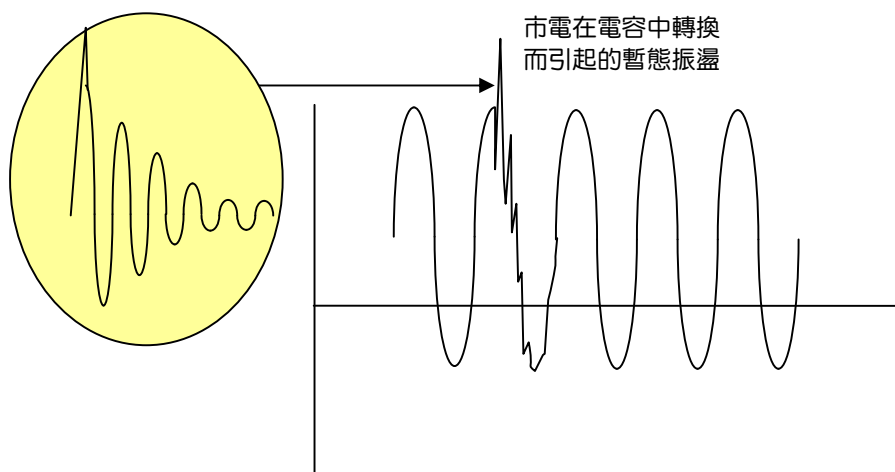


圖 4
暫態振盪

與電容切換及其暫態振盪有關的最常見問題是變速驅動器 (ASD) 跳閘。相對較慢的瞬變會導致直流電壓（用以啟動 ASD 運轉）升高，使得驅動器根據過電壓指示而斷路。

解決容性跳閘的一種常見方法是安裝電容器交流接觸器或扼流線圈，它們可將暫態振盪抑制到一個可控的水準。這些感測器可以安裝在驅動器之前或安裝在直流電路上，並且作為大多數 ASD 上的標準配件或選擇型配件提供。（注：將在下面的“中斷”一節中進一步討論 ASD 設備。）

另一種越來越多人使用的解決電容器切換瞬變問題的方法是電壓開關。當正弦波的弧形下降並到達零電平（在變為負之前）時，如圖 5 中所示為零電壓。電容器切換的發生位置離正弦波的過零點越遠，其產生的瞬變電壓幅度就越大。零電壓開關，透過監測正弦波以確保電容器切換發生在離正弦波的過零點盡可能近的位置的即可解決該問題。

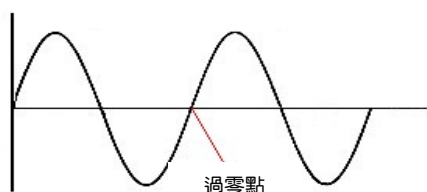


圖 5
零交叉

誠然，使用 UPS 和 SPD 系統也可以非常有效地降低暫態振盪可能造成的危害，特別在常見的資料處理設備（比如網路中的電腦）之間。不過，SPD 和 UPS 設備有時無法防止跨系統發生的暫態振盪，而零交叉開關和/或扼流器類型的裝置則可以在專用設備上來防止這類問題，如生產車間機械設備及控制系統。

2. 中斷

中斷（圖 6）的定義是供電電壓或負載電流的完全消失。視其持續時間而定，中斷可分為暫態中斷、暫時中斷、短時中斷或持續中斷幾類。各種中斷類型的持續時間範圍如下所示：

暫態中斷	0.5 到 30 個週期
暫時中斷	30 個週期到 2 秒
短時中斷	2 秒到 2 分鐘
持續中斷	2 分鐘以上

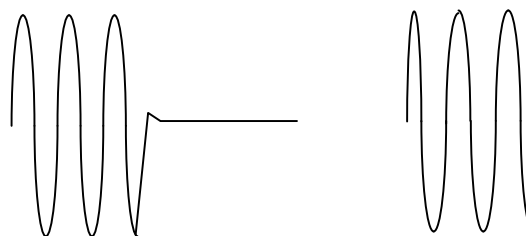


圖 6
短暫中斷

中斷的原因可能有很多，但通常是某種類型的電力供電網損壞造成的，比如閃電、動物、樹木、車輛事故、有害天氣（強風、線路上積雪或結冰太厚等）、設備故障或者基本斷路器跳開。儘管市電基礎設施在設計上可以自動校正許多此類問題，但它並不一貫正確可靠。

舉例來說，在商業用電系統中普遍導致中斷的許多常案例之一是市電保護設備，比如輸電線路自動重合閘。自動重合閘決定了大多數中斷的時間長度，具體情況取決於故障的性質。自動重合閘是電力公司使用的用於察覺由於市電基礎設施中的短路引起的電流升高，並在故障發生關閉供電。自動重合閘會在一個設定的時間後輸電給供電線路，並嘗試燒毀造成短路的物體（此物體通常是跨接在火線和地之間的樹枝或小動物）。

如果您曾經遇到過房屋中供電停止，而在幾分鐘之後當您拿出蠟燭時又都恢復正常，那麼您就可能體驗過電力中斷。當然，您的家中停電甚至停一晚上都可能僅僅是不方便，但對於企業而言則還可能造成很大的損失。

不管是暫態中斷、暫時中斷、短時中斷還是持續中斷可能會對小到家庭用戶大至工業用戶造成破壞、損壞和宕機。家庭或小型企業電腦使用者由於設備掉電資訊損壞可能會遺失重要的資料。工業客戶由於中斷面臨的將可能是更大損失。許多工業流程都依賴於某些機械元件持續不斷的運轉。如果這些元件由於中斷而突然停止，將可能會造成設備損壞、產品報廢，並且還會帶來與停機、清理和重新啟動相關的花費。舉例來說，如果一家生產紗線的工業用戶遇到短暫中斷，則可能會導致抽紗過程“停止”，從而造成極大的浪費並引起停機。必須按特定的速度和密度抽紗才能確保最終產品的品質和類型達到預計要求。必須將不合格的紗線從紡紗機中清理出來並且必須重新拉直絲條。正如您能想

像到的，這樣將花費很多的精力，並且會造成長時間的停機。同時的浪費還有已經毀壞了的一定數量的紗線。

應對中斷的解決方法多種多樣，有效性各有千秋，費用也有高有低。首先要做的第一件事就是消除或降低潛在問題發生的可能性。用電系統的良好設計和維護當然是必不可少的。工業使用者的系統通常與用電系統一樣，應用廣泛且脆弱因此也需要良好設計和維護。

降低了問題發生的可能性後，就需要採用額外的設備或設計方法以使使用者的設備或工藝具備承受能力，即在電源品質擾動期間保持持續運行，或者具備在不可避免的中斷之後、和中斷期間重新開始運轉的能力。使用最為廣泛的緩解設備是不斷電供應系統(UPS)、發電機，以及採用冗餘系統和能量存儲的系統設計技術。在掉電時，這些形式的替代電源將可以接管。筆記本電腦就是使用者類似的例子。將筆記本電腦插上電源後，它從牆上插座上獲得電力，同時電力將緩緩地給筆記本電腦內部電池充電。拔掉筆記本電腦的電源後，電池將立即接管並向筆記本電腦提供電力。開關技術的應用已經允許在不到半個週期內使用能量存儲系統。

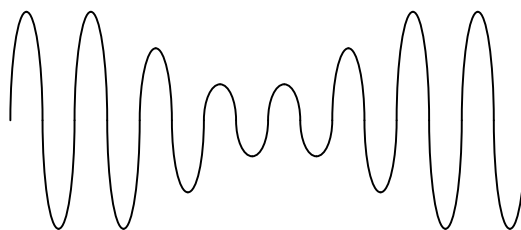
術語“持續中斷”描述了這樣一種情況：在商業用電系統中，自動保護設備由於故障性質的原因而無法重新供電，並且需要人工干預。用此術語描述這種情況更為準確，而不是常用的術語“斷電”。術語“斷電”實際上是指系統中的元件未能按預期方式工作（IEEE 標準 100-1992）。

如果電力中斷超過兩分鐘以上，那麼或許可以肯定地說，您遇到了持續中斷。稍後您會看到來修復室外的電力線路電力公司的卡車出現。

3. 電壓暫降 / 欠電壓

圖 7
電壓暫降

電壓暫降(圖 7)是指給定頻率下，交流電壓下降，經歷半個週期到 1 分鐘的短暫持續期後恢復正常。電壓暫降通常是因系統故障造成的，或當啟動電流過高的負載開啟時也常會發生。



電壓暫降的常見原因包括啟動重負荷（比如首次啟動大型空調設備）以及遠端電力設備故障排除。同樣，啟動工業廠房內大型電機也可能導致電壓顯著降低（電壓暫降）。電機在啟動時的電流是正常運行電流的六倍還多。如果突然有大的電力負載，很可能會使電機所在電路的電壓明顯降低。可以想像一下，當您正在淋浴時，有人打開了您房屋中的所有水龍頭，情況將會是怎樣。水將可能變冷，並且水壓會降低。當然，要解決此問題，您可能要有另一台專用於淋浴的熱水器。對於啟動負載很大會消耗大量起動電流的電路而言，道理是一樣的。

儘管針對重負載的啟動，增加專用電路可能是最有效的解決方法，但這種方法並非總是經濟實用的，特別是一個工廠有許多重負荷設備需要啟動時。解決啟動重負荷的其它方法包括使用替代啟動電源，這些電源在電機啟動時不帶載電氣基礎設施的其餘負荷，比

如帶有自耦變壓器或星形-三角形配置的降壓啟動器就是這種電源。還可以使用固態類型的軟啟動器，它可以有效地緩解電機啟動時的電壓暫降。最近可調速驅動器 (ASD)，可根據負載或其它使用者改變電機速度，則更為經濟有效地控制生產過程，另一個好處是解決了大型電機啟動的問題。

正如在“中斷”章節中提到的，電力基礎設施嘗試消除遠端故障的過程可能會為最終用戶帶來問題。如果這種問題較明顯，就會被看作是中斷。不過，對於消除較快或快速恢復問題，也可能表現為電壓暫降。用於解決中斷問題的一些方法也可以用來解決電壓暫降問題：UPS 設備、發電機以及系統設計技術。但是，電壓暫降所造成的損壞知道看到後果（設備損毀、資料破壞、工業加工過程中出錯）才顯示出來。

作為一項增值服務，一些電力公司現在向客戶提供生產過程的電壓暫降分析服務，儘管這項服務仍然處於起步階段。電壓暫降分析可用來確定在什麼電壓暫降水平時，設備可以或無法運行。在進行研究並確定薄弱點後，對資訊進行收集、分析並報告給設備生產商，以便它們能夠改進其設備的承受能力。

欠電壓

欠電壓(圖 8)是長期的電壓暫降問題。曾經常用於描述此問題的術語是“掉電”，該術語已被術語“欠電壓”所取代。“掉電”一詞的意義模糊，也指為了應付商業用電高峰而採取電力管制。欠電壓可能導致電機過熱，也可能造成非線性負載（如電腦電源）故障。解決電壓暫降的方法也適用於欠壓。然而使用電池電力前如果 UPS 具有用逆變器調整電壓的能力不需要頻繁地更換 UPS 電池。更重要的是，如果欠電壓狀態持續保持，則可能是嚴重設備故障、配置問題或者需要解決電力供應問題的徵兆。

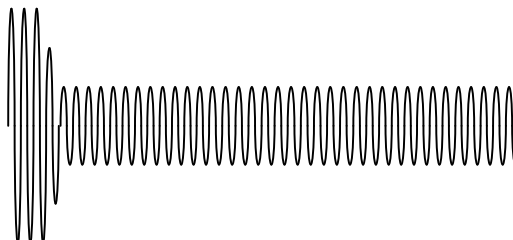


圖 8

欠電壓

4. 電壓暫升 / 過電壓

電壓暫升 (圖 9) 正好與電壓暫降相反，是指交流電壓暫時上升，經歷持續半個週期到 1 分鐘時間短暫持續期後恢復正常。電壓暫升通常是因零線阻抗過高、負荷（特別是重負載）急遽下降，以及三相系統發生單一相位故障所致。

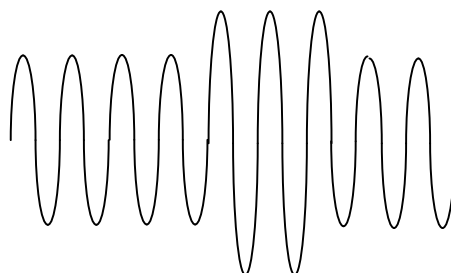


圖 9

電壓暫升

結果導致資料錯誤、電燈閃爍、電氣觸點剝蝕、電子產品中的半導體損壞以及絕緣。常用的解決方法包括使用電力線調節器、UPS 系統以及鐵磁諧振變壓器。

與電壓暫降很像，電壓暫升直到看到後果才顯現出來。透過使用 UPS 和/或同時對輸入電力事件進行監控和記錄的電力調節設備，將有助於衡量這些事件將在何時發生，以及多久發生一次。

過電壓

過電壓（圖 10）可能是長期電壓暫升的問題。過電壓想像為拉長期、的電壓暫升。過電壓通常是因電源供應變壓器接頭設定不正確並且負載下降所致。這種情況常見於季節性的地區，淡季時居民的用電量會減少，但卻仍然提供為用電高峰季節設定的輸出電力，即使電力需求少了很多。它就像將您的拇指按在澆水軟管的末端一樣。儘管流出水管的水量保持不變，但因為出水口變小了，所以壓力將會增大。過電壓狀況可能造成高電流，並導致下游斷路器不必要地斷開，以及設備過熱。

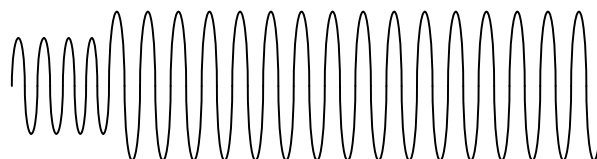


圖 10
過電壓

由於過電壓實際上只是持續的電壓暫升，因此適用於電壓暫升的相同 UPS 或調節設備將也適用於過電壓。但是，如果輸入電力持續保持過電壓狀態，則可能也需要對進入設備的市電進行校正。過電壓同樣也有與電壓暫升相同的徵兆。由於過電壓可能持續時間更長，過熱可能是過電壓的外部表現。對於在正常環境條件和使用情況下會產生一定熱量的設備而言，過電壓引發其輸出熱量突然增大。在密度高的資料中心環境中，這樣會造成損害。對於 IT 企業而言，非常大的顧慮就是熱量以及其對當今帶有很多緊密封裝的刀片式伺服器的資料中心的影響。

5. 波形畸變

有五種主要類型的波形畸變：

1. 直流偏置
2. 諧波
3. 諧間波
4. 毛刺
5. 雜訊

直流偏置

之所以交流配電系統中可能會感生出直流電 (DC)，原因通常是遍佈于現代設備中的交流轉直流的整流器出現了故障。直流電流過交流電系統，使已按運行在額定電平裝置中流過不必要的電流。直流電的流動會導致變壓器過熱和飽和。當變壓器飽和時，它不僅僅會變熱，而且將無法向負載傳輸充足的電力，而隨之產生的波形畸變進一步會使電子負載設備運行不穩定。直流偏置的示意圖如圖 11 所示。

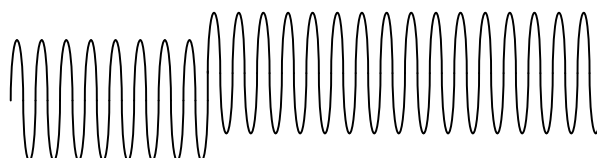


圖 11
直流偏置

解決直流偏置的方法是更換導致問題的故障設備。模組化、可更換的設備大大簡化了解決故障設備所導致的直流偏置問題，並且降低了需要專業維修人員維修人力成本。

諧波

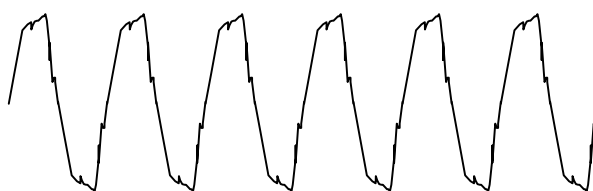
諧波畸變（圖 12）是指基波的倍頻正弦波造成的波形畸變。（例如，180Hz 是基波為 60Hz 的三次諧波； $3 \times 60 = 180$ ）。

諧波問題的徵兆包括變壓器、零線以及其它電力傳輸設備過熱，還包括斷路器動作以及依賴於乾淨的正弦波過零點觸發的時間同步電路失效。

過去由於開關電源 (SMPS) 的特性，IT 設備帶來的諧波畸變一個很嚴重的問題。非線性負載以及許多容性設計僅在電壓的每個正向和反向峰值附近“吸吮”電力，而不是在每個全半週期吸收電流。開關電源一般使用配電系統中三相中的某個單相，其大約三分之一週期的導通產生的電流流過零線。所有開關電源的回流在零線迭加而不是抵消，產生非常高的零線電流，理論上是最高是最大相電流的 1.73 倍。超負荷的零線會導致配電的路線上出現極高的電壓，導致連接其中的設備嚴重損壞。同時，這麼多的開關電源每個電壓半週期的峰值吸收能量，由此導致變壓器飽和以及隨之而來的過熱現象。造成此問題的其它負載包括變速電動機驅動器、燈具鎮流器以及大型的傳統 UPS 系統。用於緩解此問題的方法包括加粗零線、安裝 K 級變壓器以及諧波濾波器。

過去十年來 IT 行業引人注目的發展的驅使下，IT 設備的電源設計已經透過國際標準加以改進。在不久的過去，主要的改進用以補償系統內產生過多諧波電流的大量 IT 設備電源還會對電氣基礎設施造成的壓力。許多新的 IT 設備電源設計有功率因數校正電路，使其以線性、無諧波負載方式運行。這樣的電源不會產生多餘的諧波電流。

圖 12
典型的諧波畸變

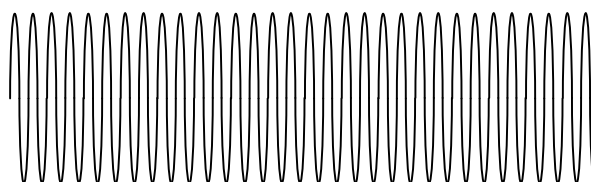


諧間波

諧間波（圖 13），通常是由電氣設備，如靜止變頻器、感應電動機和電弧裝置，施加於供電電壓上的信號一種波形畸變。控制滾軋機、攪拌機和礦山設備中使用的大型線性馬達的周波變換器會造成一些最顯著的諧間波電源問題。這些設備可將供電電壓轉換為頻率低於或高於供電頻率的交流電壓。

諧間波最明顯的影響是可以透過顯示器和白熾燈閃爍注意到，並且可能會導致變熱以及通信干擾。

圖 13
諧間波波形畸變



解決諧波的方法包括使用濾波器、UPS 系統和線路調節器。

毛刺毛刺（圖 14）是一種由電子設備，如變速傳動裝置、調光器和弧焊機，在正常運行條件下導致的週期性電壓擾動。此問題可能會被描述為暫態脈衝問題，但是，由於毛刺在每半個週期上呈週期性出現的，因此毛刺被認為是波形畸變問題。毛刺的常見後果是系統停機、資料遺失和資料傳輸問題。

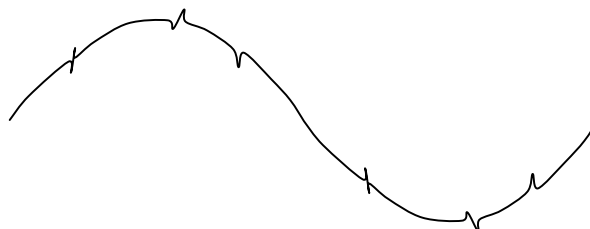


圖 14
毛刺

解決毛刺問題的一種方法是盡可能將負載遠離以上電子設備。如果無法移動設備的位置，那麼 UPS 和濾波器也是可行的解決毛刺問題方法。

雜訊

雜訊（圖 15）是迭加在電力系統電壓或電流波形上的多餘電壓或電流。雜訊可能是由電力電子設備、控制電路、弧焊機、開關電源、無線電發射機等所產生的。不良接地使系統更易受到雜訊的影響。雜訊可導致諸如資料錯誤、設備失效、元件長久失效、硬碟故障和視頻顯示失真等問題。

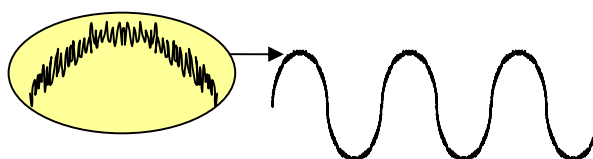


圖 15
雜訊

有多種不同的雜訊控制方法，有時必須要結合使用多種不同的方法才能達到所需的效果。下面是其中一些方法：

- 透過 UPS 隔離負載
- 安裝接地的遮罩的絕緣變壓器
- 移動負載使其遠離干擾源
- 安裝雜訊濾波器
- 遮罩電纜

雜訊最常見的後果之一是資料損壞。如圖 16 所示，EMI（電磁干擾）和 RFI（射頻干擾）可能會在傳輸資料線上產生感應電流和感應電壓。由於資料是數位信號（電壓有無分別用 1 和 0 表示）傳播的，因此，資料線上的額外電壓可能會導致出現不匹配或相反資料。典型案例是當網路佈線穿越吊頂上的螢光燈時，網線就會有感應的雜訊。螢光燈會產生明顯的電磁干擾，如果網路佈線的距離過近，將可能會導致資料出錯。當網路佈線位置離高負載輸電線路的距離過近時，通常也會發生這種情況。在裝有高架地板的資料中心內，電線線路通常與網路佈線並排放在一起，因此會增加出現雜訊的幾率。

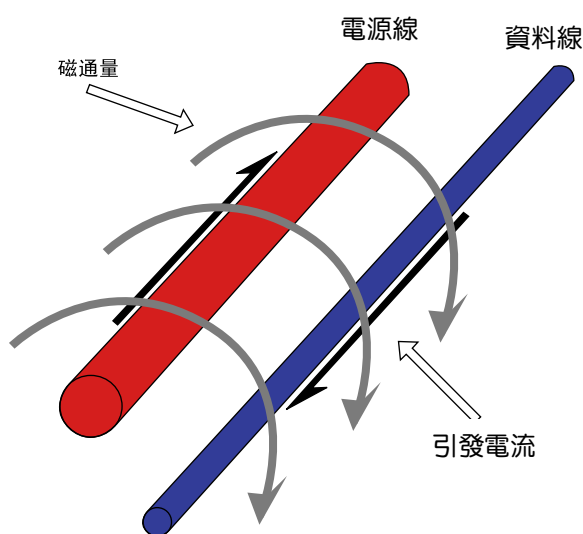


圖 16
電磁感應

解決這類問題的方法將資料傳輸設備和/或佈線遠離 EMI/RFI 源的位置，或者為資料設備和/或佈線加上額外的遮罩以減輕或抵消 EMI/RFI 的影響。

電壓波動與其它波形異常有著根本的不同，因此電壓波動將它們放在獨自的類別中。如圖 17 所示，電壓波動是指電壓波形連續的改變，或是一連串小幅度的電壓隨機變動，即按電壓變動頻率低於 25 Hz 頻率電壓有效值為標稱值的 95% 到 105%。

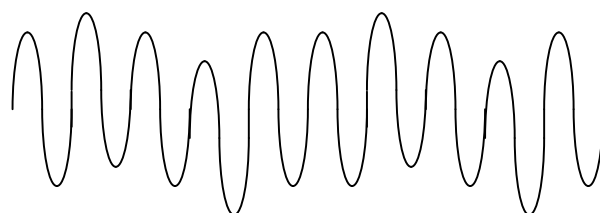


圖 17
電壓波動

任何負載的明顯電流變化會導致電壓波動。在輸配電系統上，導致電壓波動的最常見原因是電弧爐。此問題的表徵之一是白熾燈閃爍。解決電壓波動的方法有：移去造成問題的負載，重新部署敏感設備，或者安裝電力調節器或 UPS 設備。

7. 頻率抖動

頻率抖動（圖 18）現象在穩定的電力系統中極為罕見，尤其是透過電力網互連的系統。在配有專用備用發電機或電源基礎設施不齊全的地方，如果發電機負荷過重，就特別容易發生頻率抖動。IT 設備具有適應頻率抖動的能力，通常不會受到局部的發電機頻率輕微變化的影響。任何依賴於電力系統中平穩的週期信號電機或敏感設備會受頻率抖動的影響。頻率抖動可能會導致電機按輸入電力的頻率較快或較慢速度運行，這樣將會使電機的運行效率低，並且/或者電機速度的提高和/或額外的電流消耗的增加會導致電機變熱和性能降低。

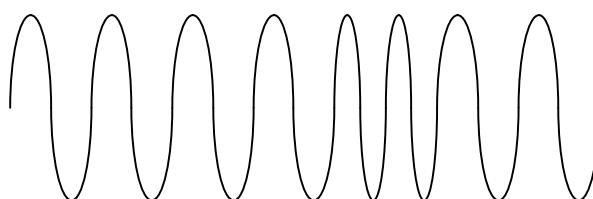


圖 18
頻率抖動

為了應對頻率抖動的問題，應對導致頻率抖動的所有發電設備及其它電源進行評估，然後修復、校正或更換。

電壓不平衡

電壓不平衡不是一種波形畸變。但是，由於在評估電源品質問題時必須注意電壓不平衡，因此應該在本白皮書中對其加以討論。

簡而言之，電壓不平衡，如其名稱所示，是指供電電壓不相等。儘管外部的市電供電可能導致這些問題，但電壓不平衡的常見根源在內部，由設備負載所導致的。更具體地說，在三相配電系統給三相負載供電的同時，其中的某一相也會給某些單相設備供電，就發生電壓不平衡問題。

通常，這些不平衡表現為發熱，特別是對於固態電機尤為如此。較嚴重的不平衡可能會導致電機部件過熱，和電機控制器出現間歇性故障。

判斷電壓不平衡的一種快速方法是取三相供電電壓之中最高和最低電壓差不應超過最低供電電壓的 4%。下面舉例介紹這種快速簡單的判定方法。

舉例：

A 相供電電壓：	220 V
B 相供電電壓：	225 V
C 相供電電壓：	230 V
最低相電壓：	220 V

220V 的 4% = 8.8V

最高電壓和最低電壓的差：10V




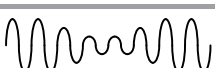
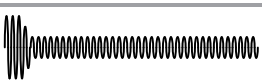
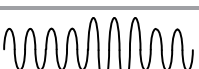
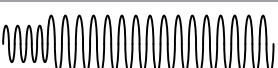
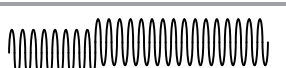
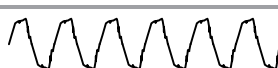
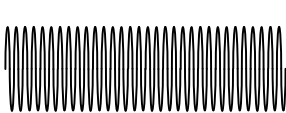



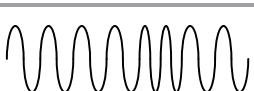
10V > 8.8V – 過於不平衡！

糾正電壓不平衡的方法包括重新配置負載，或者讓電力公司改變輸入電壓（如果不平衡不是由內部負載造成的）。

表 1 匯總了上述討論的各種電源擾動，並提供了可能的解決方法以緩解這些問題可能對業務運營造成的影響。

表 1

各種擾動問題及解決方法的匯總

擾動類別	波形	影響	可能的原因	可行的解決方法
1. 瞬變現象				
瞬變脈衝		資料遺失、或資料損壞、系統停機	閃電、ESD、開關切換、市電故障排除	TVSS，保持濕度在 35-50% 之間
暫態振盪		數據遺失、或資料損壞	切換感性負載或容性負載	TVSS、UPS、感測器/扼流器、零電壓開關
2. 中斷				
		資料遺失、或資料損壞、宕機	開關切換、市電故障、斷路器跳閘、部件故障	UPS
3. 電壓暫降 / 欠電壓				
電壓暫降		系統停機、資料遺失、宕機	啟動負載、故障	電力調節器、UPS
欠電壓		系統停機、資料遺失、宕機	市電故障、負載變化	電力調節器、UPS
4. 電壓暫升 / 過電壓				
電壓暫升		令人討厭的跳閘、設備損壞/壽命縮短	負載變化、市電故障	電力調節器、UPS、鐵磁諧振變壓器
過電壓		設備損壞/壽命縮短	負載變化、市電故障	電力調節器、UPS、諧振變壓器
5. 波形畸變				
直流偏置		變壓器發熱、接地故障電流、令人討厭的跳閘	整流器或電源故障、	問題排查並更換有故障的設備
諧波		變壓器發熱、系統停機	非線性負載電子負載	重新配線、安裝 k 級變壓器、使用帶 PFC 的電源
諧間波		電燈閃爍、發熱、通信干擾	控制信號、故障設備、周波變換器、變頻器、感應電機、電弧裝置	電力調節器、濾波器、UPS
毛刺		系統停機、資料遺失	變速傳動裝置、弧焊機、調光器	重新配線、移動敏感負載的位置、安裝濾波器、UPS
雜訊		系統停機、資料遺失	無線電發射機、故障設備、不可靠接地、靠近 EMI/RFI 源	移走發射機、重新配置接地、遠離 EMI/RFI 源、加強遮罩、濾波器、隔離變壓器
6. 電壓波動				
		系統停機、資料遺失	無線電發射機、故障設備、不可靠接地、靠近 EMI/RFI 源	重新配線、移動敏感負載的位置、電源調節器、UPS
7. 頻率抖動				
		系統停機、電燈閃爍	負載設備運轉斷斷續續	重新配線、移動敏感負載的位置、電源調節器、UPS

結論

電子產品的廣泛使用，已經喚起了人們對電源品質及其對企業使用的關鍵電子設備所造成影響的關注。商業運作越來越依賴於小型微處理器，而這些微處理器對很小的電力波動都非常敏感。這些微處理器可以控制速度極快的自動化機械設備，以及不能宕機的包裝生產線。因此本文介紹了一些經濟的解決方法來限制或消除電源品質擾動的影響。但是，為了便於行業溝通並瞭解電力擾動以及如何防止電力擾動，需要採用通用的術語和詳細說明來描述不同的現象。本白皮書嘗試詳細說明和闡釋了 IEEE 標準 1159-1995“IEEE 關於監測電源品質的操作規程建議”中概述的電源品質擾動。

不管企業規模如何，其目標都是縮短設備停機時間和降低生產費用，提高利潤。透過對電氣環境以及設備易受電源品質擾動的程度加以瞭解-溝通，將有助於找到實現業務目標的更好方法。



關於作者

Joseph Seymour 是位於 West Kingston, RI 的 Schneider Electric 索賠部門的首席索賠分析師。他負責對災難性瞬變電壓事件引起的損壞進行評估和檢查，並根據 APC 設備保護策略裁定客戶索賠問題。

Terry Horsley 是 Schneider Electric 的獨立電能品質顧問。他曾涉足工程管理、關鍵基礎設備支援、培訓、課程開發、技術文檔編寫以及在歐洲、東南亞和美國執行現場調查等各個領域，迄今已有超過二十年的經驗。



資源

點擊圖示打開相應
參考資源連結



資料線瞬變電壓保護
第 85 號白皮書



流覽所有 白皮書
whitepapers.apc.com



流覽所有 TradeOff Tools™ 權衡工具
tools.apc.com

參考資料

- 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



聯繫我們

關於本白皮書內容的回饋和建議請聯繫：

資料中心科研中心
DCSC@Schneider-Electric.com

如果您是我們的客戶並對資料中心專案有任何疑問：

請與您的 施耐德電機銷售代表聯繫

附錄一 電源抗干擾能力

因為已經確定和描述了各種各樣的電源擾動，所以有必要瞭解現代設備所能容許的電源擾動限度。並非所有電源擾動都會對現代設備造成影響。現代設備電源在短時間內能夠容許的交流電壓變化和擾動有一個可接受的範圍。

大多數高科技設備都由低電壓直流供電，而低壓直流電是由重量輕，容忍度高的開關電源 (SMPS) 將標稱的交流電轉換為正的和負的直流電壓。電源給敏感電子部件提供了最有效的屏障以阻隔了帶有其背景雜訊交流供電電壓對其的影響。

國際標準 IEC 61000-4-11 中的規定開關電源可承受的電壓擾動的大小和持續時間。同樣，基於行業中 CBEMA 電源品質曲線，最初由電腦和行業製造商協會 (Computer and Business Manufacturer's Association) 制定，() 單相 IT 設備電源的使用說明提供性能曲線闡明開關電源對電力擾動最低的抗干擾能力。資訊技術產業協會 (ITIC，前身是 CBEMA) 最近對原有曲線進行改進，如圖 A1 中所示。曲線及應用說明可訪問以下網址 www.itic.org/technical/iticurv.pdf

圖 A1
ITIC 曲線

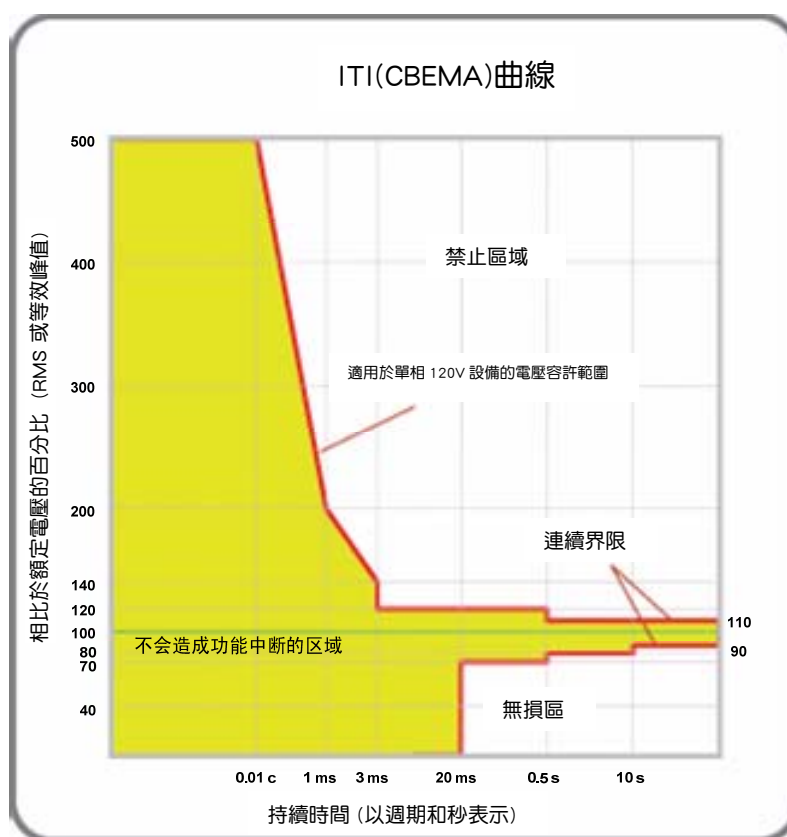


圖 A1 橫軸為時間軸，從初始開始，至直流電源供電後 10 秒。豎軸代表單相 IT 設備的額定電壓。此設計最常見的額定電壓是 120V/60 Hz 交流電壓或 240V/50Hz 交流電壓。零電壓線可以看到電源在交流供電電壓降到零後還需工作 20 毫秒，這意味著直流輸出在交流電源掉電後仍需持續 1/50 秒。此曲線的另一個特徵是，如果輸入交流電壓應降低到其額定值的 80%，則電源的直流輸出仍將連續工作至少 10 秒。在 100% 線的以上，電壓升高至額定值的 200%，電源必須持續時間至少 1 毫秒。在交流周波的 0.01 週期處 (例如，60 Hz 系統中的 1.6 微秒，以及 50 Hz 系統中的 2.0 微秒)，電源將容許電壓升高 500%，輸出不會中斷。