

台達交流馬達驅動產品

安裝規範說明書 符合電磁相容規則

前言

交流馬達驅動器的周圍有雜音源，則經放射或經電源線路而入侵交流馬達驅動器，引致控制迴路誤動作，甚至引致交流馬達驅動器跳脫或損毀。當然會想到提高交流馬達驅動器本身耐雜音的能力也是對策，但並非經濟，而且所能提高之程度有上限，因此防範電磁雜音的對策就是要針對雜訊的來源來對症下藥施予“不讓它發出”，“不讓它傳播”及“不讓它收到”的三階段層次性防護；此所謂的護理性「三護」都要齊施。

事前準備

- ☑ 確認導致誤動作的真正原因是雜訊
- ☑ 掌握雜訊產生源及侵入路徑
- ☑ 找到有效信號及雜訊來源確認

具體對策

- ☑ 接地補強
- ☑ 屏蔽對策
- ☑ 濾波

目錄

1. EMC 簡介

2. 干擾防制

- 干擾分類
- 干擾來源
- 防制方式
 - 接地
 - 屏蔽
 - 濾波

EMC 簡介

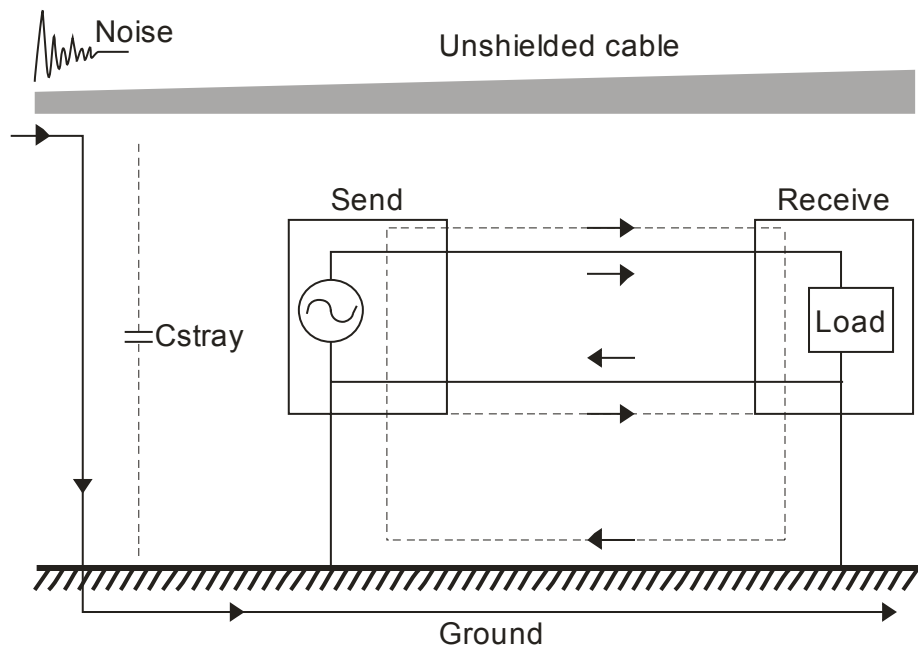
EMC 即為電磁相容性，它是描述電氣設備在電磁環境中能夠維持良好工作的能力，而且在工作時不能產生影響其它裝置的電磁干擾。電氣設備中的雜訊發射與抗干擾能力是評斷 EMC 好壞的兩個重要特性。一般而言，電器設備應同時具有對抗高頻雜訊與低頻雜訊的能力。其中高頻雜訊包含靜電放電、脈衝波干擾、輻射電磁場和含有高頻雜訊的傳導性突波等；而低頻雜訊則包含電源電壓不平衡或波動等情形。

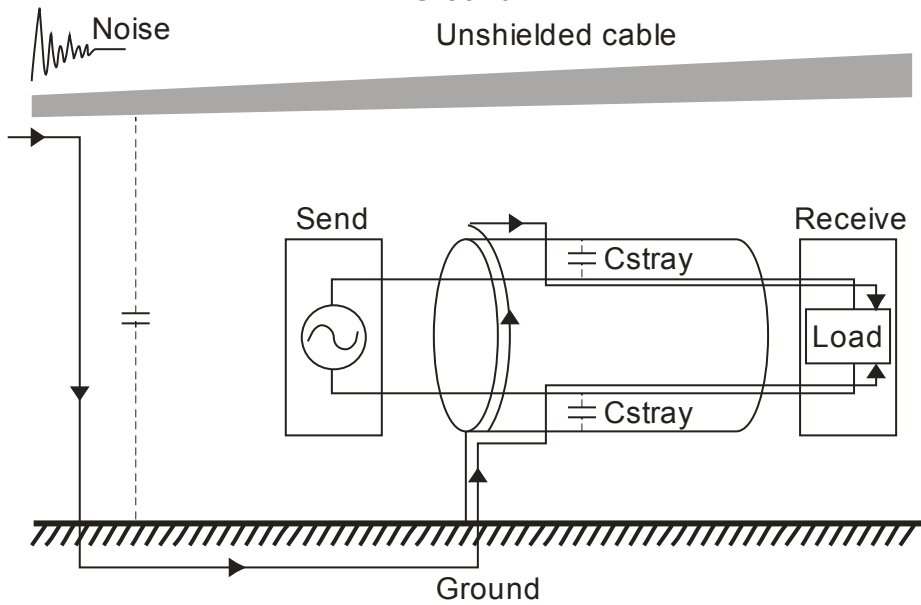
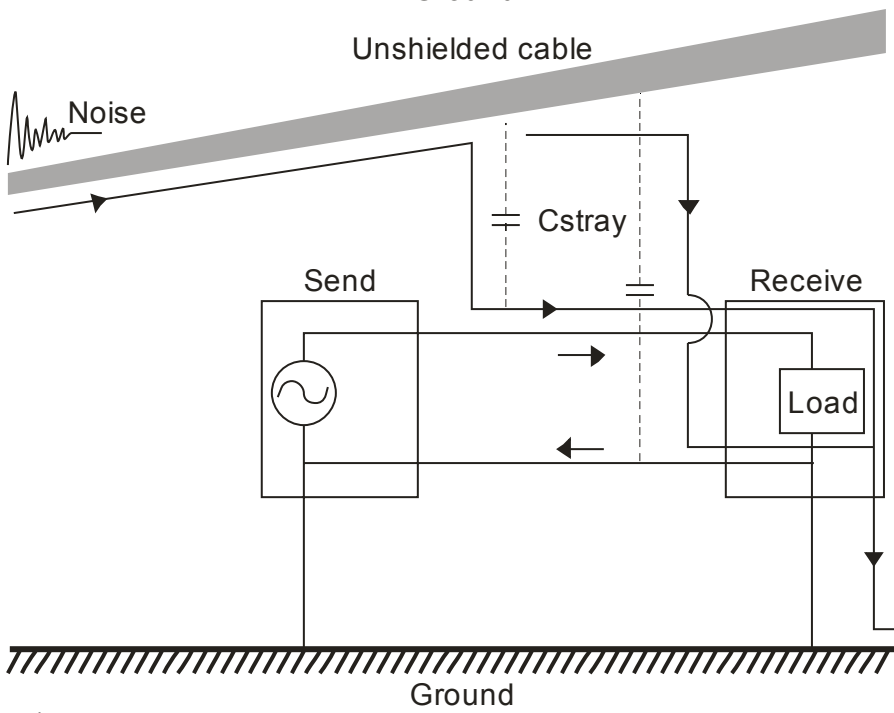
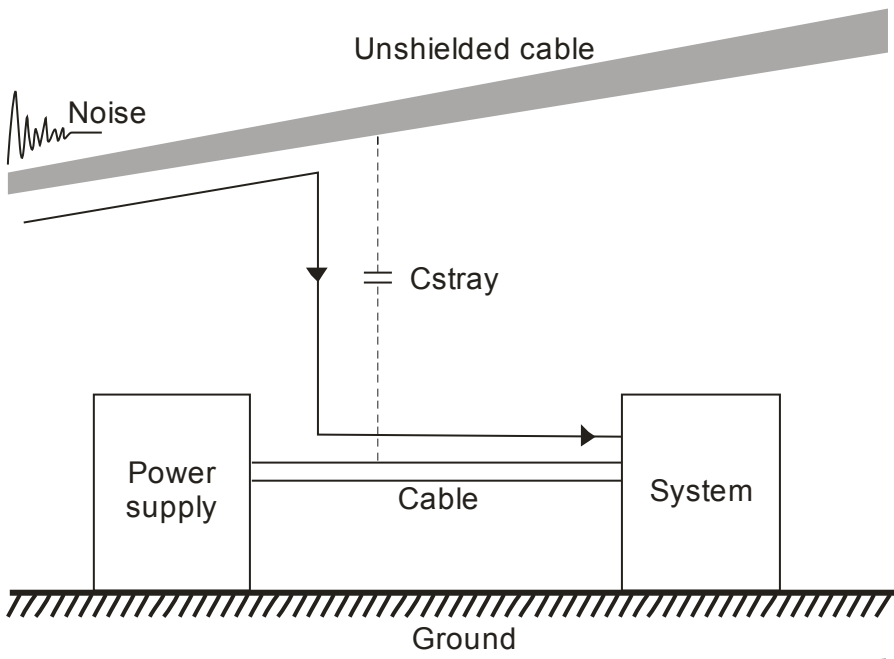
定義雜訊發射和抗雜訊能力的規範取決於電器設備所處的應用環境。功率系統通常連接至工業或是公共電源系統網絡，而一般分為第一類環境(民生環境)與第二類環境(工業環境)。當電器設備接至公共電源系統時，即屬民生環境；此時對雜訊發射具有嚴格規定，但抗雜訊能力的要求則較寬鬆。但當設備連接至工業環境時，卻是剛好相反，對電器設備的抗雜訊能力要求較高，而雜訊發射能力則要求較低。

變頻器之 EMC

當工廠設備採用變頻器作為驅動器時，在變頻器的電源輸入及輸出側都會產生諧波雜訊，對供電網絡和變頻器周圍電器設備都一定會產生 EMC 干擾。不只如此，通常變頻器會安裝於高電磁干擾的工業環境中，此時變頻器不僅可能是雜訊發射源，更可能是雜訊接收器。

台達的變頻器在設計時已針對 EMC 做了最佳化，且符合 EMC 電源系統產品標準 EN61800-3，正確安裝變頻器可以減小 EMC 干擾，為了確保電力系統可以長期正常運作，一定要依手冊確實正確接線與接地。當遇到問題時，請參考本文的相關建議及措施。





干擾防制

干擾分類

共模雜訊和差模雜訊

變頻器的電磁干擾可分為共模雜訊和差模雜訊。其中差模雜訊為導線對導線間存在的雜散電容，因而提供差模耦合電流路徑所造成；而共模雜訊則為導線對地間存在的雜散電容提供共模耦合電流路徑所造成。

基本上，差模耦合電流對於變頻器的本身影響較嚴重，當過大的差模雜訊產生時，有可能會引起變頻器保護電路的誤動作。而共模耦合電流則是對於其他敏感的電氣設備影響較大，共模雜訊會透過共同的地線干擾其他電氣設備，這也是馬達電磁干擾的主要問題。

一般而言，當下列情形發生時，變頻器的電磁干擾問題將會變嚴重。

- 1) 大馬力數變頻器接大馬力數馬達時。
- 2) 變頻器的操作電壓越高時。
- 3) 變頻器的功率電晶體切換速度過高時。
- 4) 變頻器輸出側接長導線時。

雜訊傳遞路徑

在變頻器中，雜訊可以經由傳導及輻射的方式進而干擾附近其他敏感電子系統，傳遞路徑可分為以下幾種。

- 1) 在未屏蔽的電力線中的雜訊電流經由雜散電容傳導至地，在地形成共模訊電壓。而另一組傳輸模組是否可以抵抗此共模雜訊與其共模互斥比有關。如圖一所示。
- 2) 電力線上的共模雜訊透過雜散電容直接耦合到身旁的信號線，如圖二所示。此時可用一些標準方法降低此雜訊的影響，譬如：將電力線或是信號線屏蔽、將電力線與信號線分開、將信號線輸入輸出扭轉一起平衡雜散電容等方法。
- 3) 共模雜訊經由電力線耦合至其他系統電力線，再經由系統的電力線耦合至傳輸系統。如圖三所示。
- 4) 在未屏蔽的電力線中的共模雜訊經由雜散電容傳導至地，再由其他系統的屏蔽線接地端傳導至屏蔽線，最後經屏蔽線與雜散電容的屏蔽傳導至信號線上，進而干擾信號。如圖四所示。
- 5) 未接地的馬達驅動線當有過大的調變脈波流過時，會形成天線，進而產生輻射干擾。

干擾來源

防制方式

接地

接地的方式可依不同的機具設備而設置有不同形式的接地端作為接地電極，需要接地的用電設備以一條接地線和接地電極將須接地的漏電電流導入大地。依照歐姆定律可知，這些電極和大地之

間可能因為不同的接地電阻值而出現不同的電位差異

安全性接地

功能性接地

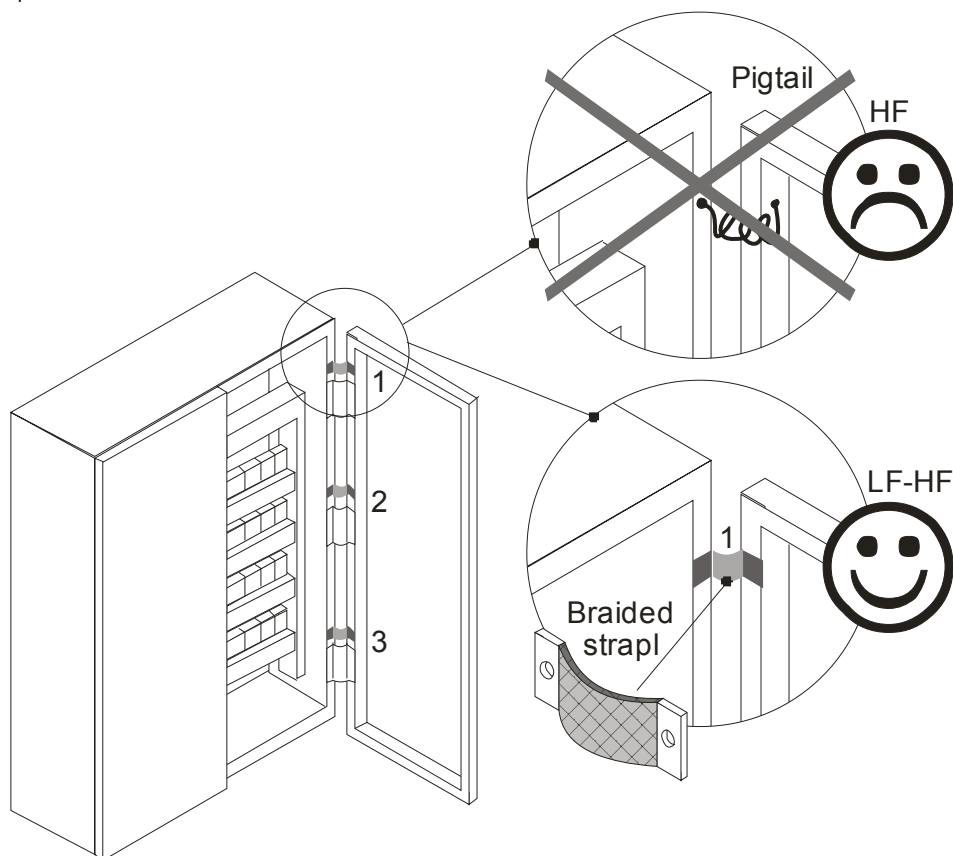
如果要安全用接地與功能用接地兩者共存，要注意幾件事項

安全接地要求的是低電阻值必須於大地施工；而功能性接地要求的是低阻抗值，可在建築物內施作

EMC 主要目的是要用來防止雜訊之用，這類訊號接地的主要考慮方向是以頻率為主。當頻率低於 10kHz 時採用單點接地即可；但若頻率高於 10kHz 時，則以多點接地有效

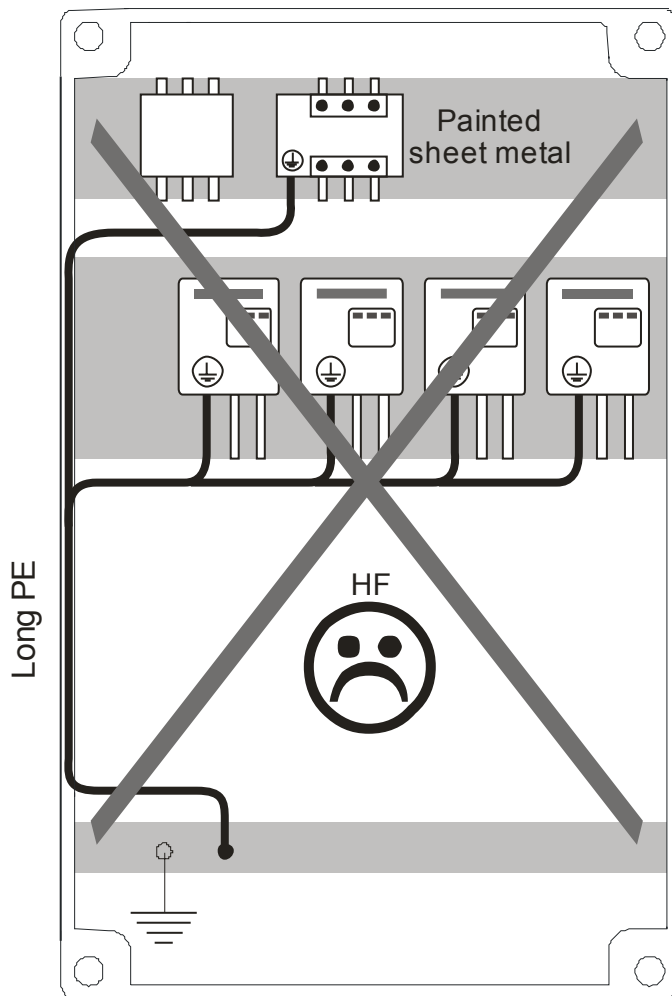
- 單點接地，將眾 IT 設備的訊號接地點取出並且接成一。在接地面方面，可以接大地或是接到基準接地。亦可考慮接到已經接到大地之安全接地點上
- 多點接地，將眾 IT 設備的訊號接地點分別取出並且獨立接地。
- 混合(hybrid)接地，這種接地方式可以同時滿足低頻和高頻的領域，IT 機器設備 A 與 B 以隔離式電纜互相連接。隔離式電纜的一端採用直接接地，而另一端則是透過一只電容器再接地，如此可以同是滿足足低頻和高頻的領域的接地需求
- 浮接(floating)接地，將各 IT 設備的訊號用接地相接並且隔離

當直流電流過導體時會行經整個導體；但若流經過的電流為交流，而且會隨著頻率的升高，電流就會愈往導體表面移動，這就是所謂的集膚效應 (skin effect)。在這種情形下，導體的有效截面接就會變的愈小，也就是說電阻值會增大。由此可知，欲減少集膚效應的影響，應該增加接地的有效面積已增加高頻時的電流量。此時就是考慮將接地線由單線改為編織導體或是帶狀導體。示意圖如下圖所示



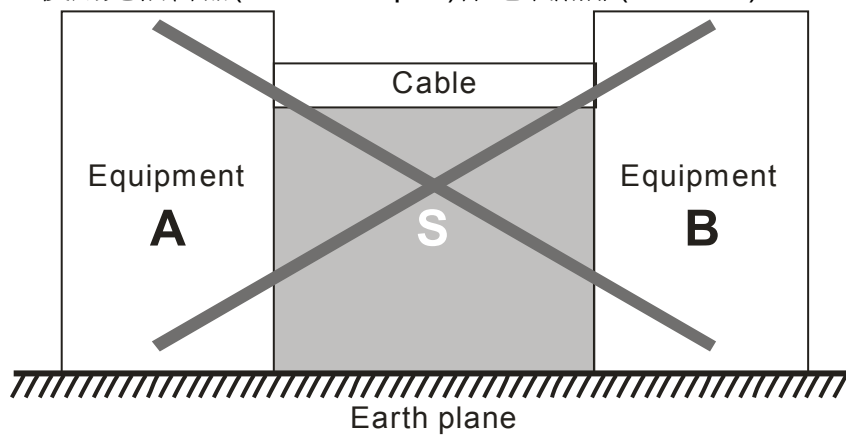
這就是為什麼使用短和粗的接地線連接到公用接地點或接地母排上。特別重要的是要連接到變頻器的任何控制設備(比如 PLC)要與其共地，同樣也要使用短和粗的導線接地，最好採用扁平導體(例如金屬網)，因其在高頻時阻抗較低。

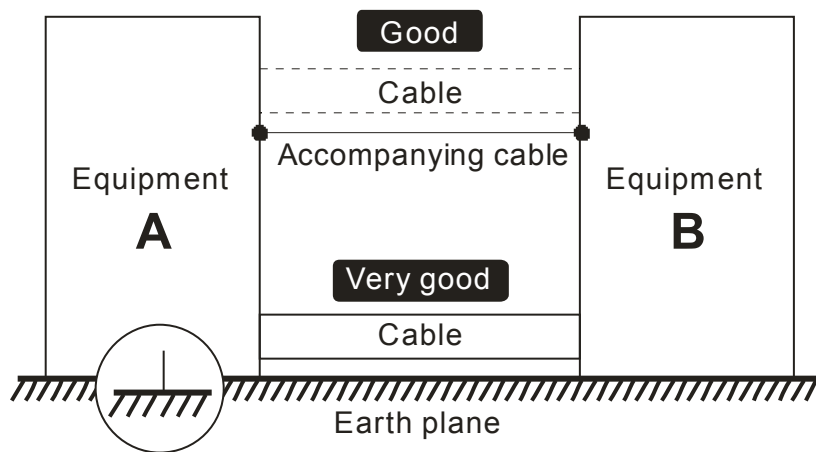
當接地線到達相當長度時，其本身的電感量就有可能與建築物結構或者控制箱體之間產生互感量與雜散電容量等問題。如下圖所示，接地線太長甚至會行成垂直接收天線的效果，成為雜訊干擾的來源。



避免形成接地環路(GROUND LOOP)，所謂 Ground loop 就是各機器間的地電位的差異導致電流流動的一種路徑，當數個地方接地(接至大地)時就形成了接地環路，以下三種方式可以避免接地環路的形成

1. 共用電源電路
2. 一點接地
3. 使用光耦合器(Photo Coupler)作電氣隔離(Isolation)





避免常態雜訊(NORMAL MODE NOISE)，最基本的方式就是使用平行線或者對絞線(Twist Pair Wire)來配線，即使是需要繞較遠的路徑也應該使用此種方式，而且兩條線要儘可能的緊靠在一起。

接地的種類區分

國際標準 IEC 60364 共區分三種標準的接地系統,分別使用 **TN**, **TT**, **IT** 作為識別碼。

第一字代表 接地點 與 電源設備(發電機或變壓器)的連接方式:

T: 直接連接在同一點接地;

I: 不連接至接地點(絕緣的), 或有經由高阻抗做設備接地。

第二字代表 接地點 與 用電設備的連接方式:

T: 直接連接至 大地, 指獨立於其電源供應系統的地;

N: 經由電源供應系統的接地點接地。

第三 與第四字 代表接地導線的位置:

S: 中性點 與 大地分開;

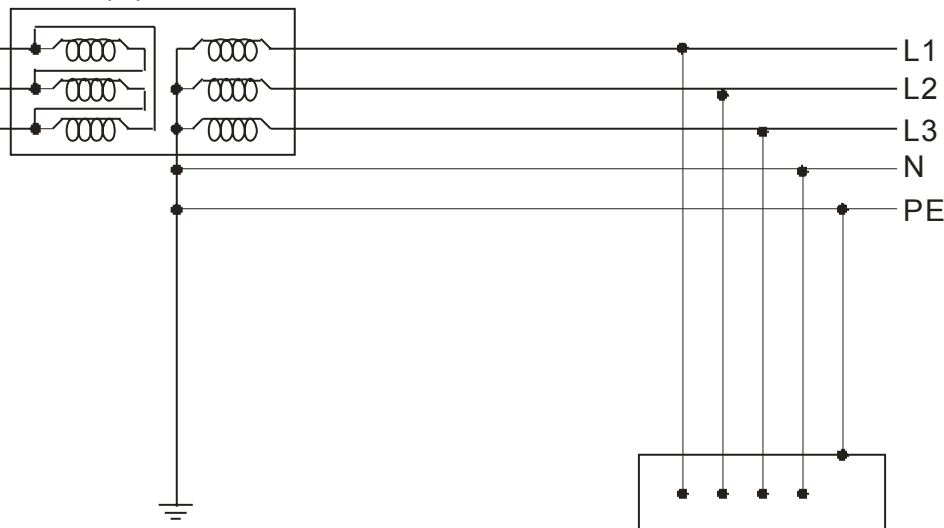
C: 中性點 與 大地並聯

TN 接地系統

- **TN 系統**: 用電設備中性點(N)是有連接到電源設備,譬如 變壓器 或 發電機 的接地點, 而用電設備的保護接地(PE)也是連接至電源設備的同一接地點。通常是於電源變壓器的 Y 接系統的地線,與機器設備的機殼框架地點都連接至同一接地端。

- **protective earth (PE)**保護接地.

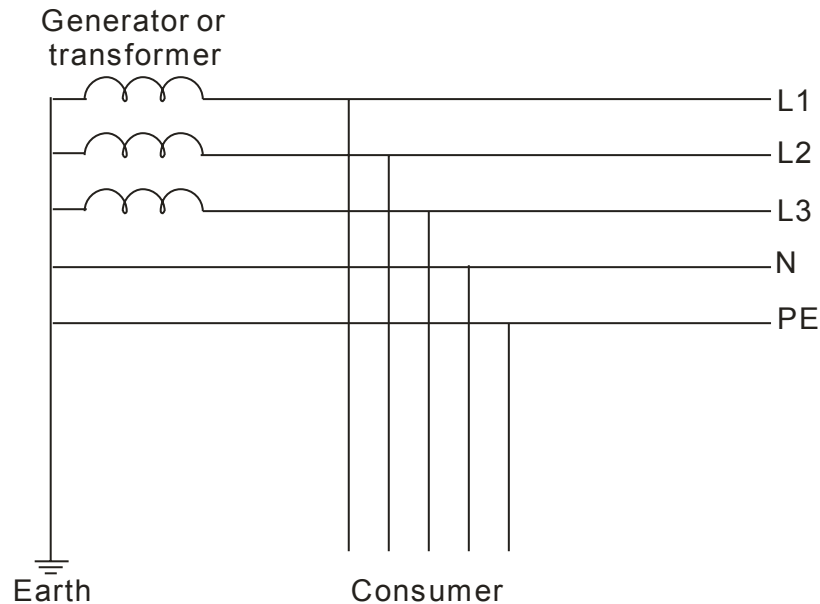
*neutral (N)*中性點.



TN-S 接地系統

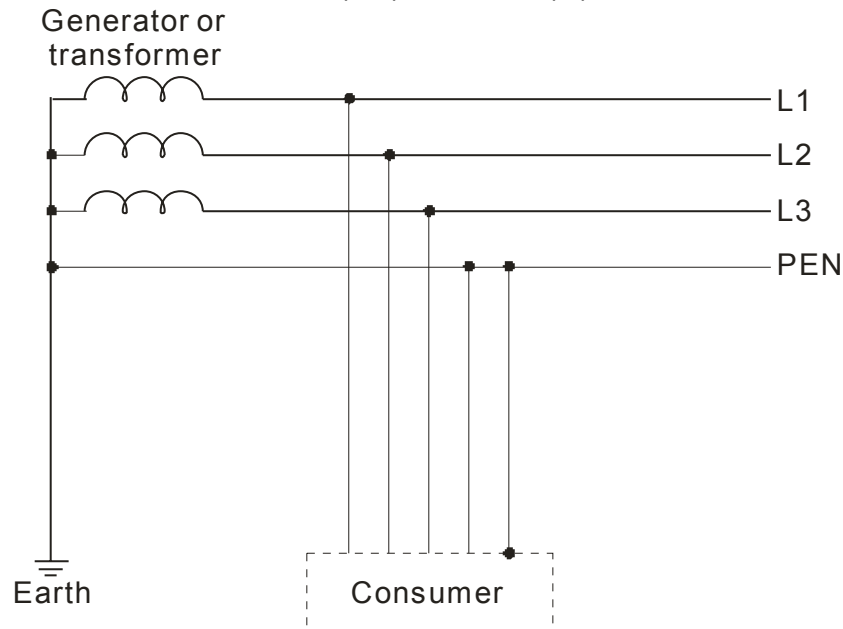
TN-S 系統: 電源設備與用電設備的保護接地(PE) 與中性點(N) 是使用分別的導線,只有在電源

側 例如於變壓器 或 發電機 的接地點才連接在一起。相等於三相五線式系統。



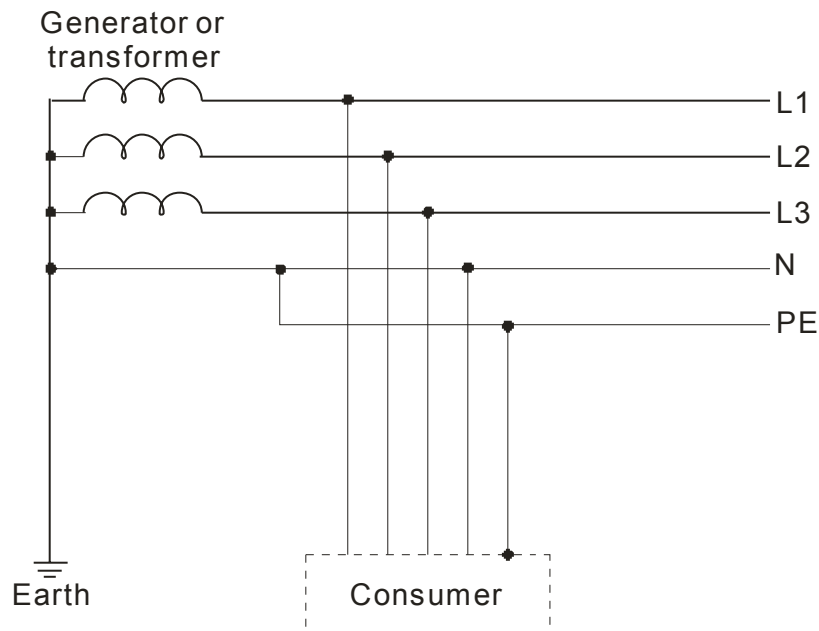
TN-C 接地系統

TN-C 系統：於用電設備的保護接地(PE) 與中性點(N) 是使用分別的導線,類似三相五線式系統。但是於電源側,保護接地(PE) 與中性點(N) 是使用相同的導線,類似三相四線式系統。



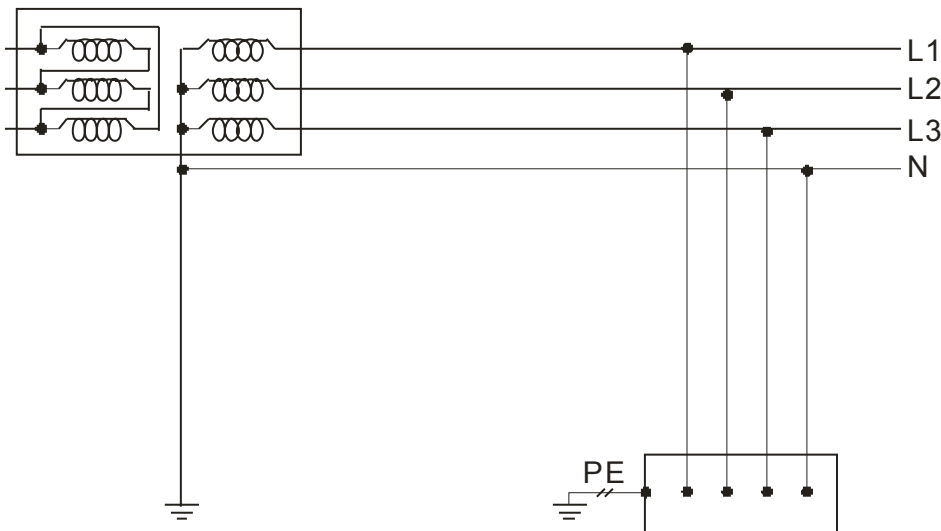
TN-C-S 接地系統

TN-C-S 系統：部份系統使用組合式的 PEN 共同接地, 雖然於使用端是分開的(PE) 保護接地線與 (N) 中性線. 但最終於電源側是 PEN 共同接地,典型應用為配電站送到建築物後使用分開的 PE 保護接地線與 N 中性線,此種作法於實際應用上因為直接接地於很多點 能夠降低中性點斷線的風險,於英國稱為 *protective multiple earthing (PME)*,於澳大利亞稱為 *multiple earthed neutral (MEN)* 。



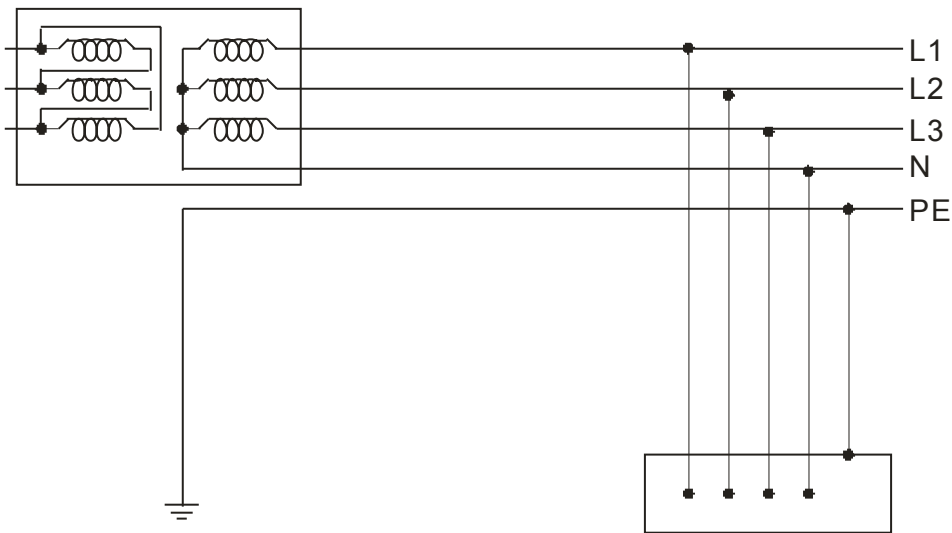
TT 接地系統

- **TT 系統:** 電源側變壓器的中性點(N)與設備系統的中性點是同一接地點, 但使用設備系統的外殼框架保護接地(PE)是使用者就近接地, 連接至另外一個接地點, 此(N)(PE)兩個接地點是分別不同的接地。



IT 接地系統

- **IT 系統:** 於電源側變壓器的中性點(N)與用電設備的中性點是不接地的, 而於使用者的機器設備外殼框架保護接地(PE)作接地。
- 在 **IT** 的電源網路上, 配電系統中性點(N)完全沒有連接至接地端, 或是經由高阻抗的接地, 於此種電源系統需使用隔離式的量測儀器來測試電阻。
- 於 **IT** 的電源系統使用變頻器或是伺服驅動器時, 不能使用外加濾波器或內建濾波器的機種, 避免產生漏電電流。



各接系統的特點與 EMC 的作用

| | TT | TN-S | IT | TN-C |
|----------|--|---|---|--|
| 人員安全 | 良好, 必須裝設漏電保護器(RCD) | 良好 整體設備內必須有連續不中斷的 PE 保護接地線 | | |
| 資產設備的安全性 | 良好 | 差的 | 良好 | 差的 |
| | 中等故障電流 (< 幾十安培) | 高的故障電流 (約 1kA) | 低電流於初次故障 (< 幾十 mA) 但高的電流於再次發生故障 | 高的故障電流 (約 1kA) |
| 電源利用效率 | 良好 | 良好 | 極佳的 | 良好 |
| EMC 作用 | 良好 <ul style="list-style-type: none"> 有過電壓風險 等電位 問題點: <ul style="list-style-type: none"> 需處理設備有高洩漏電流問題 漏電保護器(RCD) (Residual-current device) | 極佳的 <ul style="list-style-type: none"> 幾乎同電位 問題點: <ul style="list-style-type: none"> 需處理設備有高洩漏電流問題 高的故障電流 (暫態干擾) | 差的(避免使用) <ul style="list-style-type: none"> 有過電壓風險 共模濾波器與突波吸收器必須處理相對相的電位差. 漏電保護器可能會常常誤動作 相同於 TN 系統於再次故障 | 差的 (不該使用) <ul style="list-style-type: none"> 中性點與保護接地同一點. 會有循環電流於導線內 (高磁場幅射波) 高的故障電流 (暫態干擾) |

屏蔽

何謂屏蔽？

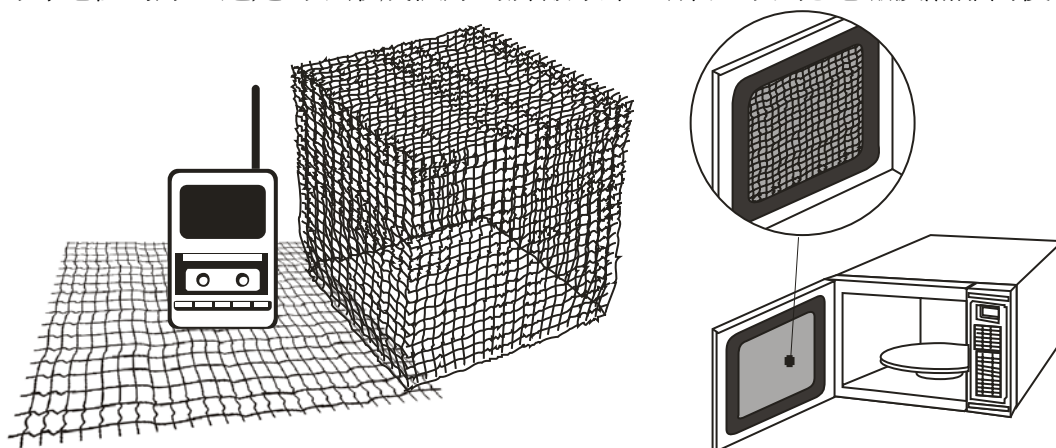
靜電屏蔽：為了避免外界電場對儀器設備的影響，或者為了避免電器設備的電場對外界的影響，用一個空腔導體把外電場遮住，使其內部不受影響，也不使電器設備對外界產生影響，這就叫做靜電屏蔽。

法拉第籠是一個由金屬或者良導體形成的籠子。

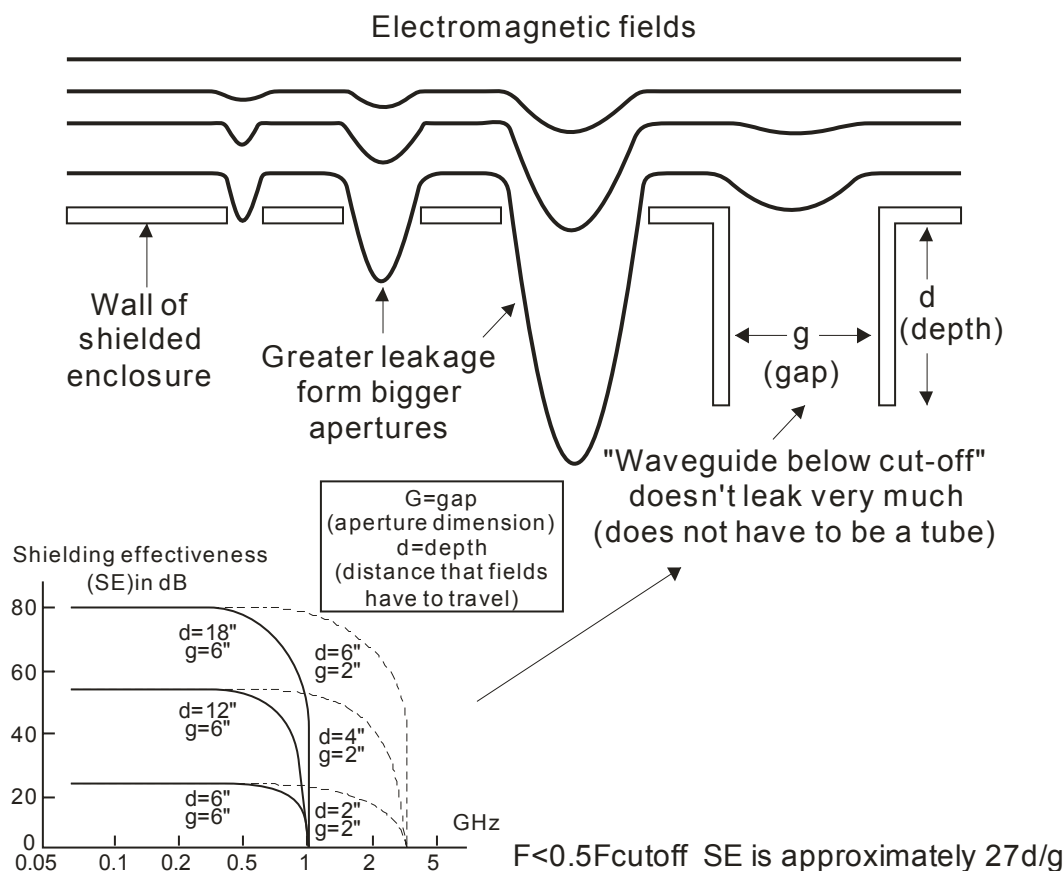
由於金屬的靜電等勢性，可以有效的屏蔽外電場的干擾。法拉第籠無論被加上多高的電壓內部也不存在電場。而且由於金屬的導電性，即使籠子通過很大的電流，內部的物體通過的電流也微乎其微。在面對電磁波時，可以有效的阻止電磁波的進入。

有些電子器件或測量設備為了免除干擾，都要實行靜電屏蔽。如室內高壓設備所使用接地的金屬罩或較密的金屬網罩。又如作全波整流或橋式整流的電源變壓器，在初級繞組和次級繞組之間包上金屬薄片或繞上一層漆包線並使之接地，達到遮罩作用。另外在高壓帶電作業中，工人穿上用金屬絲或導電纖維織成的均壓服，可以對人體起遮罩保護作用。

如下圖展示中有很多洞洞的金屬籠子，看起來似乎並沒有完全遮住裡面的收音機，可是只要金屬的導電性夠好，還是可以形成很好的屏蔽效果，所以可以把電磁波隔離而使收音機收不到訊號。



我們常用的手機也是利用無線電波來傳遞訊號。所以當我們進入金屬製的電梯時，就好像被關進了金屬籠子一樣收不到訊號，這就是因為電梯的金屬牆面產生屏蔽效應的關係。微波爐的門看起來是透明的可透光但同時卻又能阻擋內部微波外洩這就是跟門上的金屬網洞的大小有關了



EMI 抑制策略：

只有如金屬和鐵之類導磁率高的材料才能在極低頻率下達到較高屏蔽效率。這些材料的導磁率會隨著頻率增加而降低，另外如果初始磁場較強也會使導磁率降低，還有就是採用機械方法將屏蔽罩作成規定形狀同樣會降低導磁率。綜上所述，選擇用於屏蔽的高導磁性材料非常複雜，通常要向 EMI 屏蔽材料供應商以及有關諮詢機構尋求解決方案。

電磁干擾(EMI)金屬屏蔽效率

可用屏蔽效率(SE)對屏蔽罩的適用性進行評估，其單位是分貝，計算公式為

$$SE_{dB}=A+R+B$$

其中

A：吸收損耗(dB)

R：反射損耗(dB)

B：校正因子(dB)(適用於薄屏蔽罩內存在多個反射的情況)

其中吸收損耗是指電磁波穿過屏蔽罩時能量損耗的數量，吸收損耗計算式為

$$AdB=1.314(f\mu)^{1/2t}$$

F：頻率(MHz)

μ ：銅的導磁率

σ ：銅的導電率

t：屏蔽罩厚度

反射損耗(近場)的大小取決於電磁波產生源的性質以及與波源的距離。對於杆狀或直線形發射天線而言，離波源越近波阻越高，然後隨著與波源距離的增加而下降，但平面波阻則無變化(恆為 377)。

如果波源是一個小型線圈，則此時將以磁場為主，離波源越近波阻越低。波阻隨著與波源距離的增加而增加，但當距離超過波長的六分之一時，波阻不再變化，恒定在 377 處。

反射損耗隨波阻與屏蔽阻抗的比率變化，因此它不僅取決於波的類型，而且取決於屏蔽罩與波源之間的距離。

配電箱設計

在高頻電場下，採用薄層金屬作為外殼或內襯材料可達到良好的屏蔽效果，但條件是屏蔽必須連續，並將敏感部份完全遮蓋住，沒有缺口或縫隙(形成一個法拉第籠)。然而在實際中要製造一個無接縫及缺口的屏蔽罩是不可能的，由於屏蔽罩要分成多個部份進行製作，因此就會有縫隙需要接合，另外通常還得在屏蔽罩上打孔以便黏著與附加卡或裝配組件的連線。

1. 配電箱採用金屬製，如焊接技術沒有問題(不會變形)，採用接縫全焊方式，假使無法全焊接合面的空隙儘可能縮小。假使配電箱是用螺絲組立方式，須把接觸的面漆刮掉，以便取得較佳的導電性。
2. 配電箱難免會開孔來做電纜線的出入口，電波會通過這些孔就無法通過測試，因此開孔應儘可能的縮小，沒有使用到的孔須用金屬做的蓋子蓋起來，金屬與金屬的接觸面漆須刮掉，且須用工業環境用的導電墊片。
3. 配電箱的門在關閉時，和配電箱本體的接觸面，須用工業環境用的導電墊片，使其緊密的接觸，如基於成本的考慮可用分佈緊湊的間距採用固定式的螺絲鎖緊。
4. 配電箱門須留接地用的端點，此接地面必須防漆。

電線電纜

屏蔽雙絞線 (Shielded Twisted Pair, 通常縮寫為 STP)，是一種銅質線材。此種線為兩條一對地互相纏繞並包裝在絕緣管套中。雙絞線外的金屬網(通常是銅質)可以屏蔽傳輸線使之不受外部電磁場干擾，同時作為接地之用。

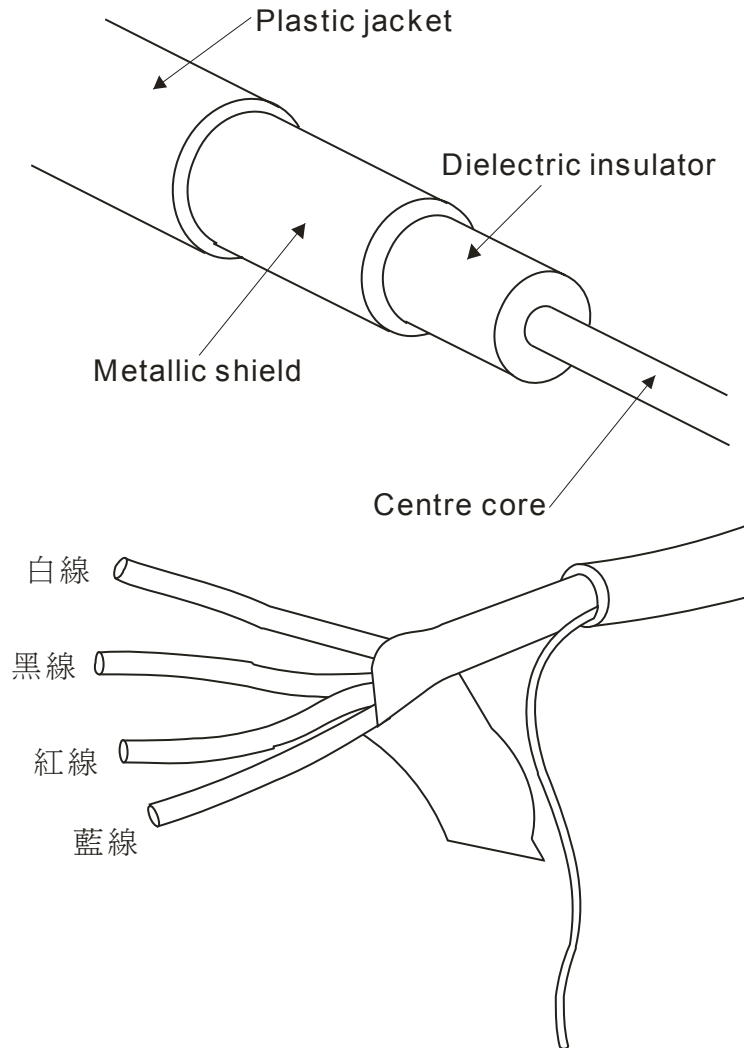
電線電纜最外層一般為橡膠或橡膠合成套，這一層的作用一是絕緣，同時也起保護電纜不受傷害的作用。

電纜分高壓還是低壓電纜，如果是高壓的，裏面還會有一層類似樹脂的填充物，這是起絕緣作用的，在高壓電纜中，這層是絕緣的最重要部分。低壓的沒有這層東西，然後裏面還會纏一些類似絲帶一樣的東西。這是為了固定住電纜每一芯，把中間的空隙填滿。

至於遮罩層，分兩種情況：

- 1、電力電纜的遮罩層：作用有

- A. 因為電力電纜通過的電流比較大，電流周圍會產生磁場。爲了不影響別的元件，所以加遮罩層可以把這種電磁場遮罩在電纜內。
- B. 可以起到一定的接地保護作用。如果電纜芯線內發生破損，洩露出來的電流可以順遮罩層流如接地網，起到安全保護的作用。
- 2、控制電纜：一般沒什麼區別，只是電腦系統的控制電纜,這裏的遮罩層是用來遮罩外來影響的,因爲其本身電流很弱，非常怕外界的電磁場影響。

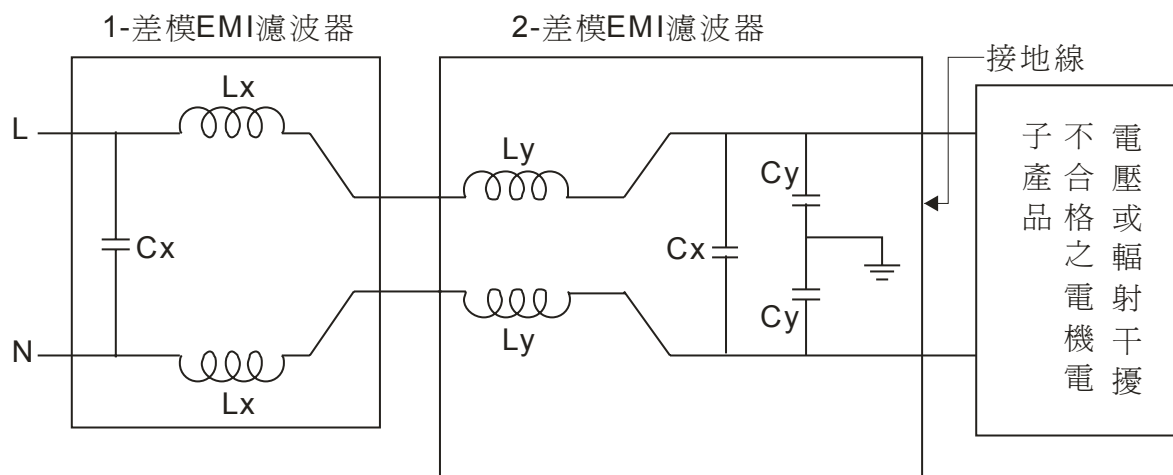


濾波

電磁干擾依照能量傳遞的方式分爲輻射和傳導兩種。對於輻射干擾，一般是採用屏蔽的技術來消除就可以取得最佳的效果；對於傳導干擾，採用磁性濾波元件來消除、抑制則是最有效和最經濟的方法。

雜訊干擾中，其中 **150K~300MHz** 頻段稱爲高頻, **120Hz~3000Hz** 頻段稱爲低頻。高頻雜訊電流波幅小但頻率高，低頻雜訊電流波幅大但頻率低，兩者均是經由電源線向供電系統傳導。

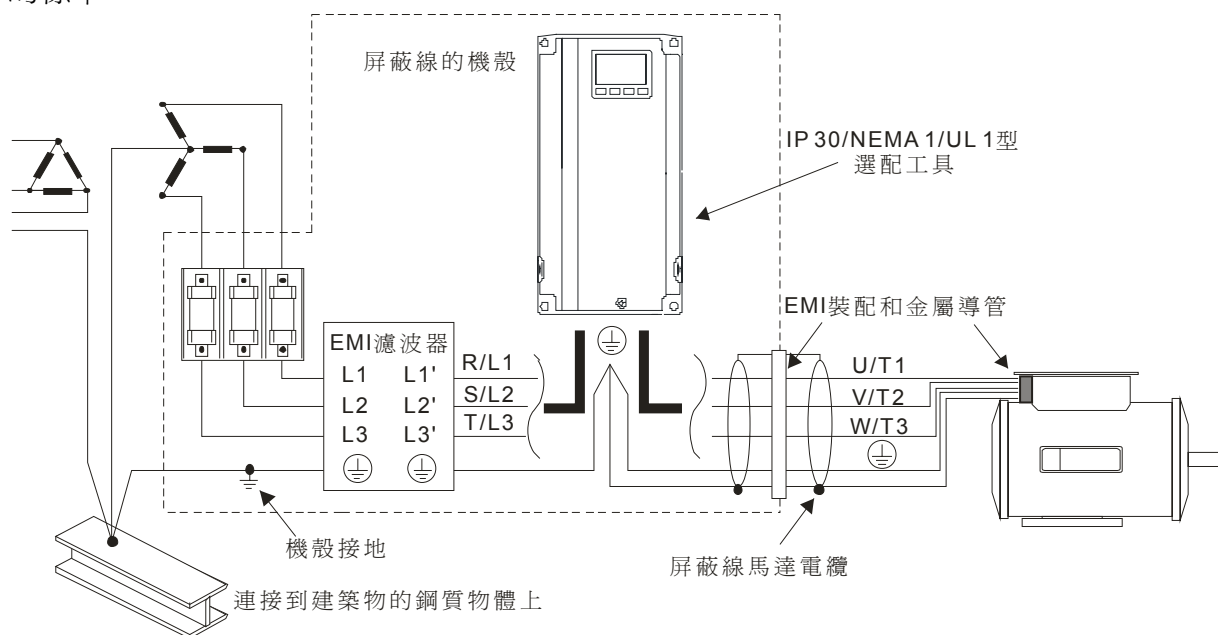
電源傳導的高頻干擾需使用濾波器才能有效消除、抑制，濾波器一般由電感線圈和電容器組成。並非所有的變頻器都內建濾波器，在這種情況下就必須購置外接濾波器。下圖爲一般標準濾波器線路圖



濾波器主要由一組差模濾波器(抑制 150kHz 以下雜訊)與一組共模濾波器(抑制 150kHz 以上的雜訊)共同組合而成，其動作原理主要利用電感遇高頻雜訊成高阻抗斷路，電容成低阻抗短路，配上電容與電感匹配形成共振頻率的设计，來吸收一些頻段干擾嚴重的雜訊電流，最後經由 Y 電容引至外面接地，將雜訊電流洩放至大地。

外接濾波器時

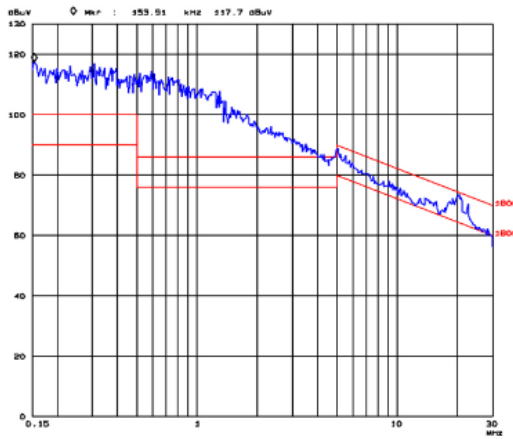
變頻器和率批器請設置在接地的控制櫃等金屬板上。馬達電纜請使用遮罩線且盡量縮短配線距離。一般變頻器都會提供相對應型號的濾波器，因為唯有經過測試認證的濾波器才能通過 EMC 的標準。



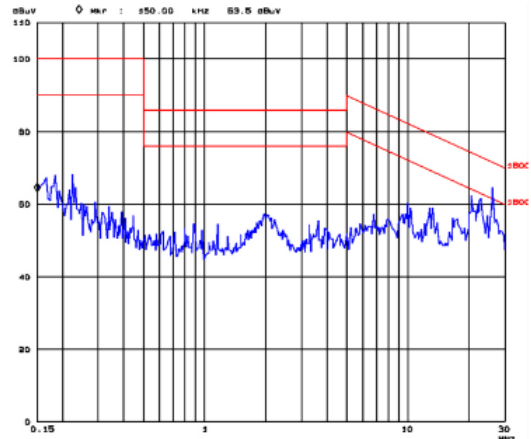
內建濾波器的變頻器

1. 內建濾波器的變頻器，為了抑制干擾，在濾波器裝有接地電容器，會使的對地漏電電流增加，所以必須請確認是否會發生電源系統或人員感電等問題
2. 有內建濾波器之變頻器因漏電流相比下會較高，故請確實進行保護接地，否則可能會有感電情況發生

加裝濾波器前後比較



<15m@60Hz without EMI Filter>



<15m@60Hz with EMI Filter>

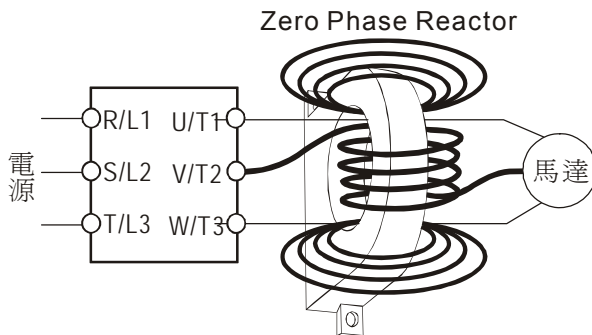
零相電抗器(扼流圈)

在輸入或輸出側加裝零相電抗器也是降低干擾的一種方式，由於在動力輸入/輸出線上通過的電流較大，所以要注意磁芯的飽和問題。對於動力輸入/輸出線上的零相電抗器，由於承受的負載電流大，目前最理想的材料是選擇復合磁粉芯，此材料的抗飽和強度大，而且磁芯的電阻率比起單純的金屬磁性材料增大了數倍，因此可以應用在較高的頻段內，也可透過增加匝數的方式來獲得高阻抗能力。

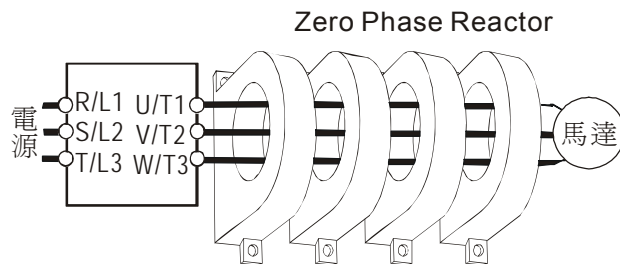
電源輸入側或變頻器輸出側

接法有兩種，需依馬達電纜及零相電抗器大小而有所不同：

- 1.每一條線在穿過零相電抗器處需繞四次。此電抗器需儘可能的靠近驅動器端。

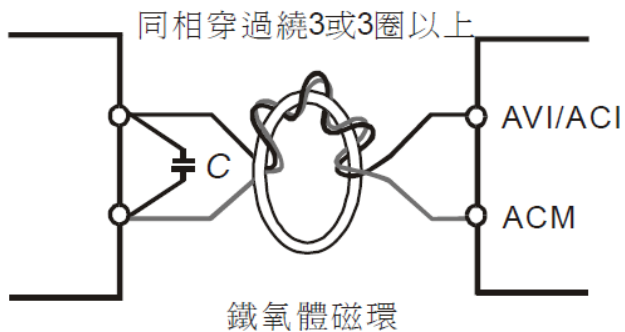


- 2.請將線直接穿過並排的四個零相電抗器。



其他控制接線濾波方式

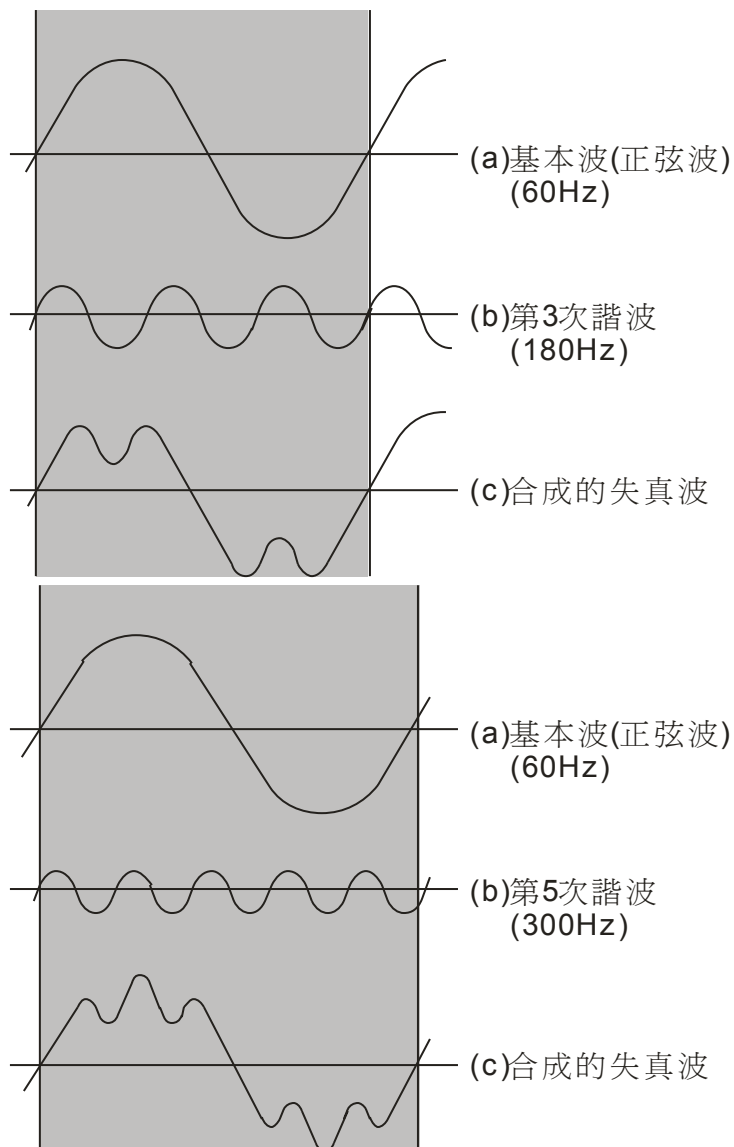
連接外部的類比信號輸出器時，有時會由於類比信號輸出器或由於交流馬達驅動器產生的干擾引起誤動作，發生這種情況時，可在外部類比輸出器側連接電容器和鐵氧體磁芯



諧波干擾

變頻器為非線性類負載，根據輸入整流裝置的設計不同會產生不同成分的諧波電流。這些諧波電流一般需要限制在一定的範圍之內，這樣是為保證避免電網的諧波電壓，電流畸變超出規定範圍，從而避免對用戶的其他設備造成影響。一般來說內建直流電抗器的變頻器可以有效的將諧波電流(總諧波電流失真 THID)抑制在一個範圍內，如此也可以降低諧波電壓(總諧波電壓失真 THVD)的畸變。

電源側諧波



改善對策

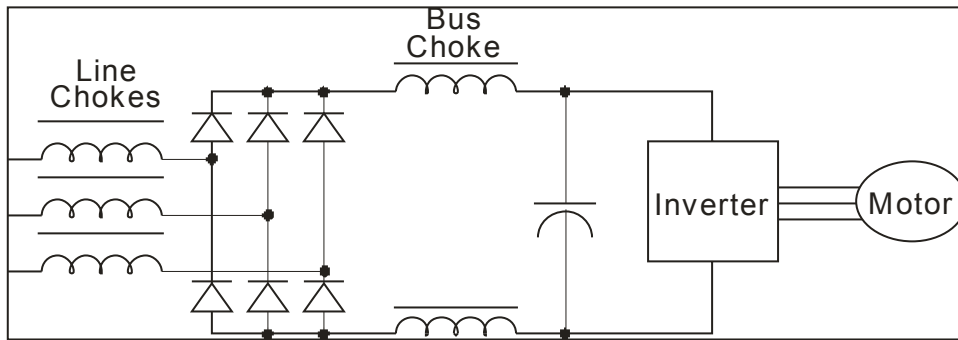
電抗器：

在變頻器的輸入回路中，頻率較低的諧波含量（5-11 次等）所含的比重較高，它們除了可能干擾

其他設備的正常運行之外，還因為消耗了大量的無效功率，使線路的功率因數大為下降。在輸入電路中串入電抗器是抑制低次諧波電流的有效方法。

交流電抗器：串聯在電源與變頻器輸入側之間，交流電抗器的主要作用如下：

- (1) 降低變頻器產生的諧波，同時增加電源側阻抗。
- (2) 吸收削弱附近設備產生的浪湧電壓、電流和主電源突波電壓對變頻器的衝擊。
- (3) 提高功率因數



直流電抗器：串聯在整流橋和濾波電容之間，它的功能主要就是降低逆變器輸入電流中的諧波成份，並且可通過抑制諧波電流來提高功率因數。

改善前/後電源測電流波形

