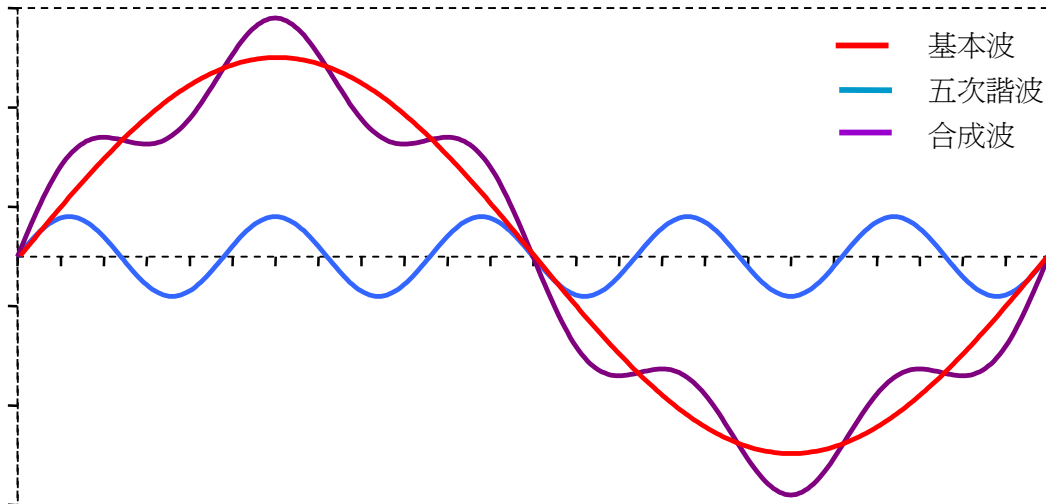




減少變頻器所引起諧波



何謂諧波？

諧波歧變是眾多電力污染形式的其中之一，如果諧波電流總和超過容許值，它有可能引起某種程度的供電問題，而諧波電流可以是基本波頻率的任意整數倍，例如 300Hz 的電流在 60Hz 電網是五次諧波，此類 300Hz 諧波電流表示一種能量型式，供電與受電系統之中的任何裝置，無法使用利用諧波也沒有正面效益，因此它僅能被轉換為熱損耗。

諧波有何影響？

- 丨 電纜線之中若存在諧波，會有過熱問題，進而損壞電纜絕緣。
- 丨 馬達也有電纜線同樣的諧波造成過熱問題，或者出現高頻噪音，以及在轉子形成振盪轉矩，有可能導致機械共振與異常振動。
- 丨 電容器也會有諧波過熱現象，大部分的狀況下，電容器的電介質會損壞，引起電容器爆炸的潛在危險。
- 丨 諧波電壓過高時，可能造成電子顯示器與照明設備嚴重閃爍。
- 丨 斷路器可能因為諧波而跳脫。
- 丨 個人電腦等精密設備故障。
- 丨 工業儀表可能會有不正確的讀值。

諧波電流如何產生？

配電系統中連接了許多負載，其中非線性負載會建立諧波電流，流回系統之後也會建立諧波電壓，所有電力電子轉換裝置，包含各種類型的應用，都會向供電系統電源側注入諧波電流，增加諧波干擾程度。典型的非線性負載如馬達緩啟動器、變速驅動器、個人電腦與電子裝置、電子照明設備、焊接設備與不斷電系統。



一般非線性負載(產生諧波電流)的分類：

- | 電力電子設備(馬達驅動器、整流器、電腦)
- | 放電設備(焊接機、電弧爐、放電管燈)
- | 磁飽和裝置(變壓器)

如何降低變頻器的諧波？

有兩中方法可以減少變頻器的諧波電流，分別是修改變頻器的結構與運用外部濾波器裝置，諧波大小取決於變頻器的結構與變頻器所連接負載工作點。

諧波電流較高的因素包括：

- | 大容量馬達相對於其電源變壓容量時。
- | 高馬達負載電流。

諧波電流較低的因素包括：

- | 高電感，不論是在直流側或交流側。
- | 較多脈波整流器。

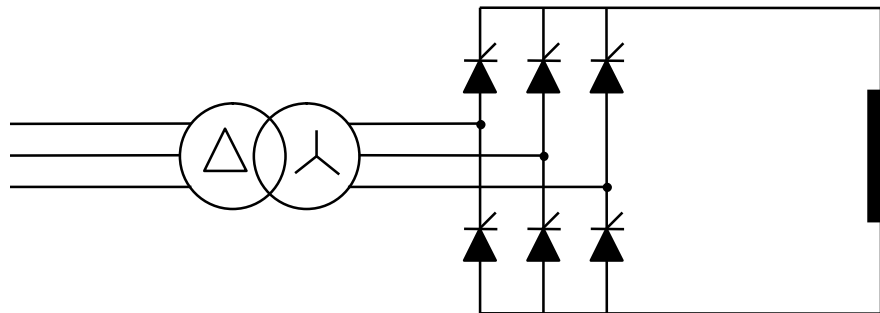
諧波電壓較低的因素包括：

- | 大容量電源變壓器。
- | 較低變壓器阻抗。
- | 電源側高短路容量。

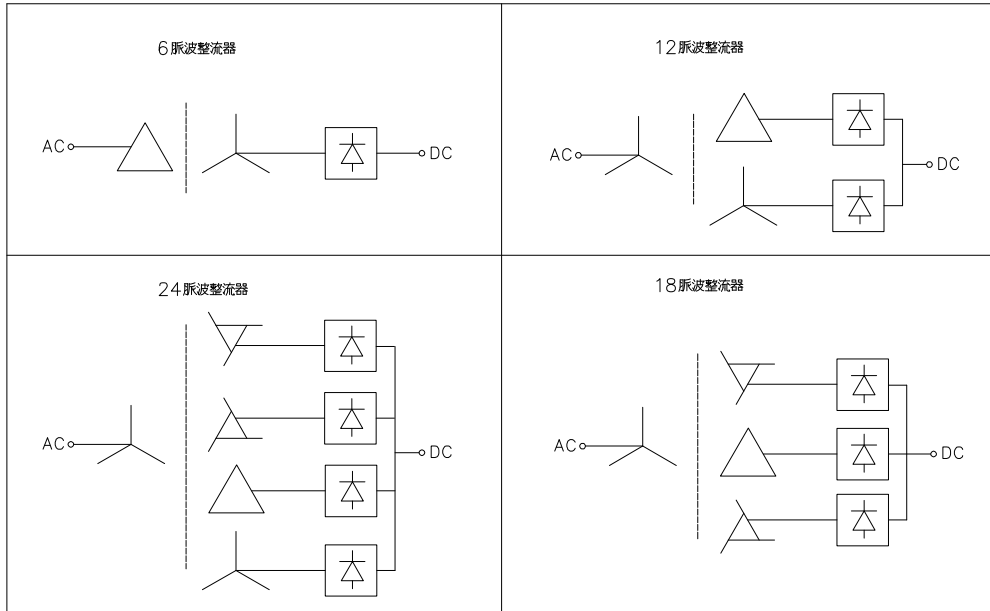
運用 6 脈波、12 脈波、18 脈波整流器、24 脈波整流器

三相 PWM 驅動器通常採用 6 脈波二極體橋式整流，此類裝置的特性是堅固耐用、結構簡單而且便宜，但是會產生大量低次諧波電流。

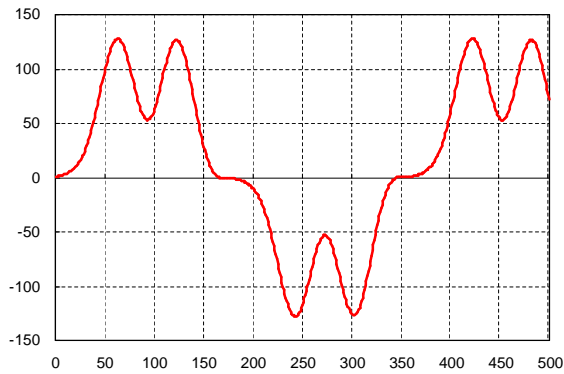
12 脈波二極體橋式整流以兩組 6 脈波二極體橋式整流並聯而成，直流匯流排互相連接，如此結構可以使電流波形更平滑，缺點是電源變壓器的結構比較複雜，需要特殊接法的變壓器，比較高的成本。18 脈波整流器與 24 脈波二極體橋式整流也是以類似方法形成，裝置有三組或四組 6 脈波二極體橋式整流並聯而成，電源變壓器也跟著需要更複雜的接法了。



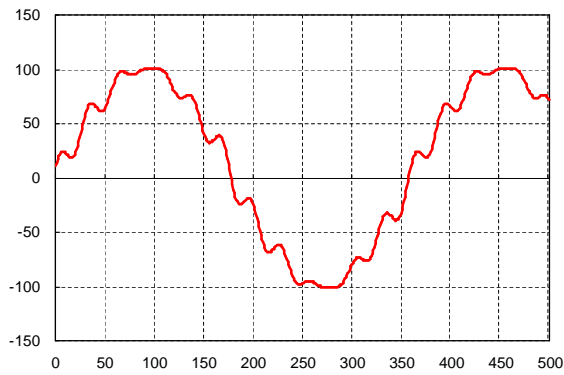
諧波電流， $h = nP \pm 1$ ，其中 n 為正整數， P 是整流器脈波數，而 h 是諧波次數，如上圖， $P=6$ ， $n=1$ 時， $h=5$ 與 $h=7$ ，餘則類推。



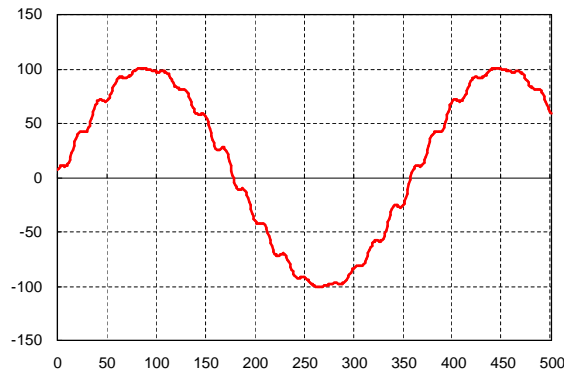
各種類型整流器與變壓器簡圖



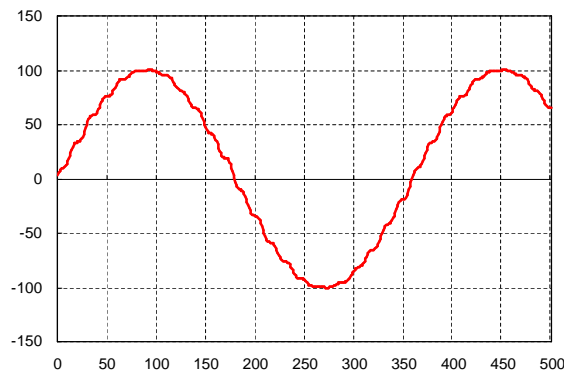
6 脈波整流器電流波形



12 脈波整流器電流波形



18 脈波整流器電流波形



24 脈波整流器電流波形

IGBT 橋接整流

IGBT(Integrated Gate Bipolar Thyristor) 變頻器能夠以主動整流方式對交流電源轉換成直流，主動式調變大幅降低了高頻諧波成分，如此一來，變頻器的功率因數便可以維持在接近 100%。

主要優點：

無預警停電發生期間的安全操作功能。

精確控制 IGBT 操作於整流模式(Rectification)與再生模式(Regeneration)之間的轉換。

可以輸出電容性無效功率。

電流幾乎是正弦波，僅含有極少諧波成分，IGBT 變頻器產生非常少量的低次諧波，但是比較而言高次諧波略高於二極體橋接整流之變頻器。

電壓提升功能，萬一失去電源電壓，直流匯流排電壓可以被提升而高於供應電壓，電源電壓降期間，供應給馬達的電壓仍可維持穩定。

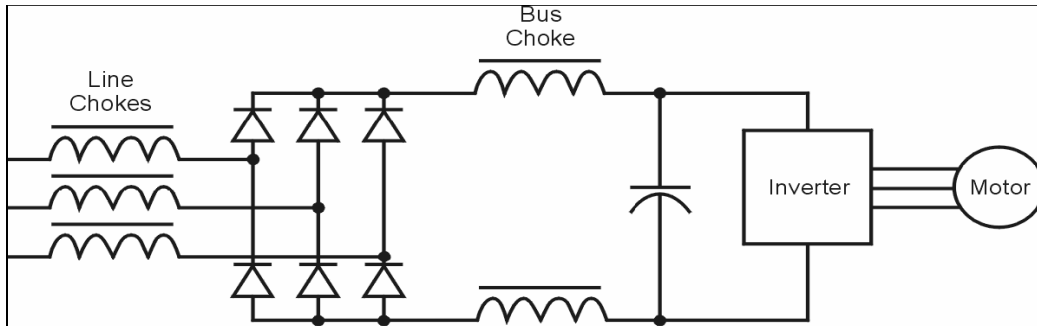
缺點：

IGBT 裝置成本較高，也需要額外的高頻濾波器費用。



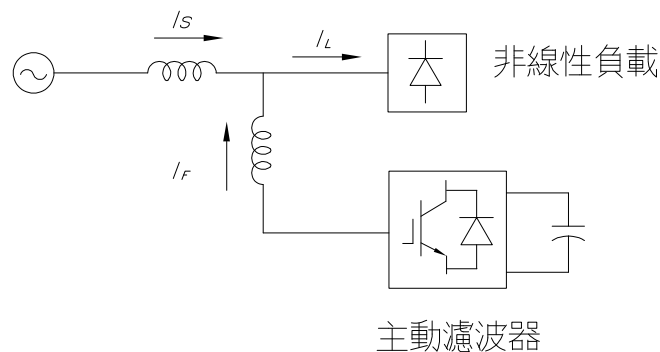
安裝大電感串接直流匯流排或者是交流電源側

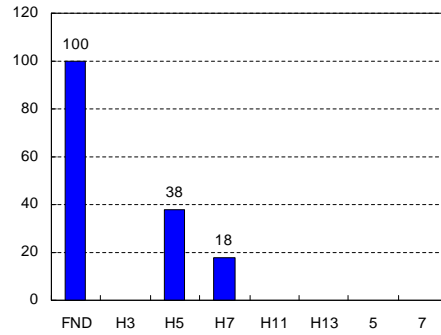
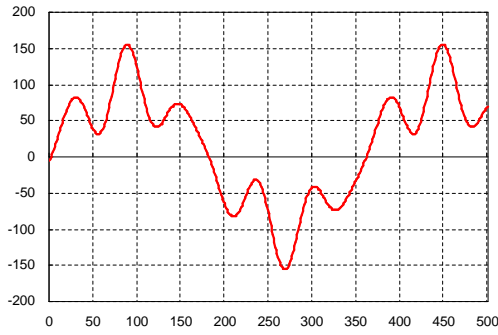
實驗室測試許多不同形式變頻器的結果，顯示大電感可以降低諧波電流，沒有串聯任何交流電抗或直流抗流圈的變頻器，其諧波大得多，在許多應用上串聯交流電抗約 2% ~ 4% 可以有效抑制諧波，6 脈波整流器電流波形其中五次諧波電流約 44%，如果串聯 3% 電抗，五次諧波電流可以降低為 35% 以下，電壓型變頻器所產生之諧波電流與電源內電感有關聯，適度地串聯電抗可以抑制諧波，但也會造成壓降於電抗兩端，故不可串聯過大之電抗器，依據變頻器製造廠之規格選用電抗可以獲得正確的電抗值。



外部主動濾波器

主動濾波器可以補償非線性負載所產生的諧波電流，利用 CT 測量負載電流，透過 DSP 高速運算能力作快速傅立葉轉換(FFT)，電流波形可以變換為電流頻譜，得到各次諧波電流之大小(Magnitude)與相角(Phase)，適當地注入反相諧波就會有消除效果，外部主動濾波器可以同時補償多部變頻器的諧波電流。主動濾波器藉由高速交換電力電子開關(IGBT)形成一個可變頻率之電壓源，高電感裝設於輸出側，可將電壓轉換為電流注入回到電源，也因為 IGBT 高速切換頻率，對周圍電子通信會有干擾現象，通常在輸出端裝上輸出濾波器，可以使電流更加平滑，裝設 EMC 濾波器則是降低電磁干擾。



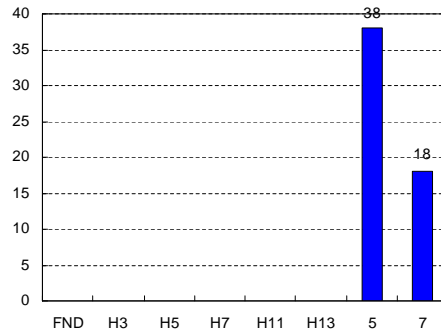
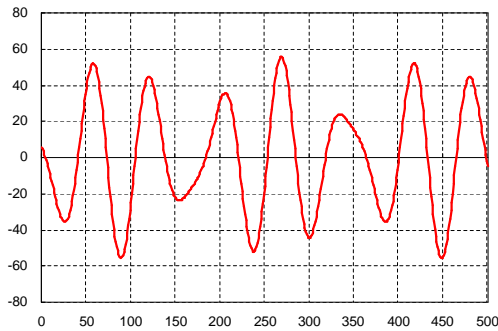


負載電流， $I_L = I_1 + I_5 + I_7 = 108.48\%$

$I_1 = 100\%$ (基本波電流)

$I_5 = 38\%$ (5次諧波) - phase 0°

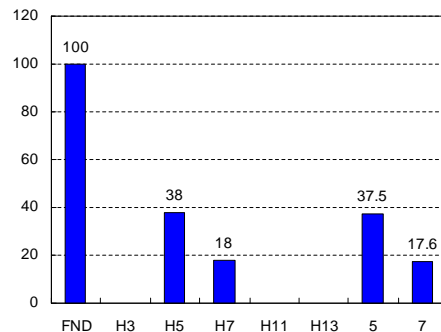
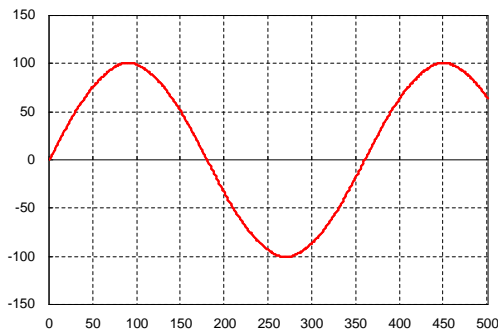
$I_7 = 18\%$ (7次諧波) - phase 23°



濾波器電流， $I_F = I_5 + I_7 = 42.05\%$

$I_5 = 38\%$ (5次諧波) - phase 180°

$I_7 = 18\%$ (7次諧波) - phase 203°



電源電流， $I_S = 100\%$

諧波電流互相抵消之後，電源電流僅剩基本波電流，其餘諧波都被過濾掉。