

不斷電電源系統輸入諧波改善技術之探討

吳晉昌*

Jinn-Chang Wu

*私立高苑技術學院電機工程系

email:jcwu@cc.kyit.edu.tw

周宏亮⁺

Huring-Liahng Jou

+國立高雄應用科技大學電機工程系

電力電子應用研究室

email:hljou@mail.ee.kuas.edu.tw

摘要

近年來電力系統之電力品質日益惡化，而電腦及精密儀器設備對電力品質要求甚高，為滿足電腦等精密設備之用電需求，不斷電電源系統之使用日益普遍，傳統之不斷電電源系統雖能提供較高品質的電力，然而其輸入級會造成諧波污染。鑑於諧波污染之嚴重性，目前已有國際性之法規，如：IEC1000-3-2 和 IEC1000-3-4 制定出諧波管制標準來限制用電設備之輸入諧波。因此，不斷電電源系統輸入電流諧波抑制技術之研究，目前已為不斷電電源系統製造業之重要研究課題。本文將探討不斷電電源系統輸入級之諧波電流問題及各種抑制技術。

一、前言：

隨著環保意識的抬頭，新設電廠日益困難，使得電力系統之備轉容量日益下降，特別在炎炎夏日，電力系統的尖峰負載年年創新高，伴隨的問題便是限電，另一方面，由於非線性負載的廣泛應用在工、商業及家庭，諸如整流器，電弧爐及相控電路等，它們會產生大量諧波電流污染，因此電力品質問題，如電壓失真、過壓、欠壓及停電等日益惡化。

然而，隨著高科技產業在台灣快速發展，高科技產業所使用之精密儀器設備，均有賴高品質的電力供應以維持正常運轉，另一方面，隨著電腦設備大量的使用，高品質的電力亦是維持電腦設備正常運作的先決條件，而不斷電電源系統是目前解決電力品質問題的最佳方法，因此不斷電電源系統之需求日益殷切。傳統上，不斷電電源系統只在意其輸出之電力品質是否滿足需求，而忽略其輸入電

流之諧波污染，然而隨著非線性負載日益增加，造成嚴重的電力諧波污染[1-3]，所以各國皆制訂諧波管制標準如 IEEE 519、IEC1000-3-2 及 IEC1000-3-4 等，在台灣，台電公司亦參考 IEEE 519 而提出諧波管制暫行條例[3]，其中 IEC1000-3-2 及 IEC1000-3-4 用於限制用電設備之諧波電流，所以不斷電電源系統的輸入諧波亦日益受重視，本文將探討一些不斷電電源系統架構之輸入電流諧波特性。不斷電電源系統產品大致可分為在線式(on-line)、離線式(off-line)及線上互動式(line-interactive)，以下即分別對各種類型不斷電電源系統分別探討。

二、離線式不斷電電源系統

離線式不斷電電源系統之架構如圖一所示，它包含兩個電力轉換級，充電器(charger)及反流器(Inverter)，當電源正常時，負載所需電力直接由市電供應，此時，充電器亦對蓄電池充電，而反流器則無載運轉，此時負載之電力品質直接取決於市電；而市電故障時，反流器將儲存在蓄電池的能量轉換成交流電能繼續供給負載使用。離線式不斷電電源系統只能提供備用電力，於市電正常時無法改善供電電壓之品質，且市電故障瞬間會有短暫的切換暫態，因此目前產品僅用於小型單相系統。

離線式不斷電系統之輸入級為充電機，其前極大部份採用二極體整流器，如圖二(a)所示，它將產生大量諧波電流，如圖二(b)所示，它的總諧波電流失真(THD)將可能超過 100%，為了限制輸入諧波電流，充電機可改為功因修正型或脈寬調變式轉換器[8]，如圖三所示，圖三(a)所示為功因修正型，它主要在二極體整流器後加一級功率開關電路，藉由開關之切換使輸入電流為弦波且得到單位功因，目前市面上已有多種現成控制 IC 可用；圖三(b)所示為脈寬調變式轉換器，在小型不斷電電源系統應用時多採用半橋式，它利用正弦脈寬調變(SPWM)技術以使輸入電流為弦波且單位功因，因此這些技術均可用來解決諧波問題以符合諧波規範。

三、在線式不斷電電源系統

在線式不斷電電源系統如圖四所示，其電力架構類似離線式不斷電系統，亦包含兩級電力轉換級，交/直流轉換器與直/交流換流器，不同的是電力潮流的控制方式。當市電正常時，電力經交/直流轉換器轉為直流電能一部份供應蓄電池充電，另一部份則供應直/交流換流器轉換成高品質交流電能以供應負載所需，而當市電故障時，反流器繼續動作，能量來源改為蓄電池，因此完全不會有電力中斷。而由於負載與市電間有不斷電電源系統隔離，負載之電力品質完全由不斷電電源系統決定，與市電無關，因此適用於電力品質要求較高的精密儀器設備，一般中大容量之不斷電系統均採用三相在線式。如換流器故障或維修時，則可經由開關轉換由市電直接供電，以確保其較高的供電可靠度。

在線式不斷電電源系統之輸入級為交/直流轉換級，大部分均採用三相整流器如圖五所示，或三相相控整流器如圖六所示，不論三相整流器或三相相控整流器其輸入電流均含有大量諧波成分，無法滿足諧波管制標準，且由於負載及充電所需電力均需經交/直流轉換級，所以它的諧波量遠大於離線式不斷電電源系統。為改善諧波問題以符合法規之限制，多種諧波改善技術被發展出來，如圖七所示[4]，其中圖七(a)所示為將被動式電力濾波器放在三相整流器前以濾除諧波電流，被動式電力濾波器由被動式元件電感及電容組成，價格較便宜，因此目前大容量不斷電電源系統多採用此技術，然而被動式電力濾波器潛藏著串/並聯諧振之危機，可能使系統因共振而產生高電壓或大電流破壞設備。圖七(b)所示為利用 12 脈波整流器來取代三相整流器（又稱 6 脈波整流器），6 脈波整流器產生的主要諧波包含 5 次與 7 次諧波，而 12 脈波整流器其主要諧波為 11 與 13 次，12 脈波整流器產生之諧波量較 6 脈波整流器小很多，因此能改善諧波問題。圖七(c)所示為三相脈寬調變式交/直流轉換器，它是由六個功率開關元件所組成，它可藉由脈寬調變方式來控制六個功率開關元件使三相輸入電流為平衡的弦波電流，且達到單位功因，它主要的缺點是交/直流轉換級容量大時切換損失高，

且成本較前述兩種方法高。圖七(d)所示為新的解決方式，輸入級利用 6 脈波整流器再並聯一主動式電力濾波器(active power filter)，主動式電力濾波器與 6 脈波整流器共用直流匯流排，主動式電力濾波器係利用一個由六個功率開關元件所組成之電力轉換器來產生一個與 6 脈波整流器產生之諧波電流相反之補償電流注入饋線以抵消 6 脈波整流器所產生之諧波電流[5]，因此市電電流為弦波而不會產生諧波污染，與被動式電力濾波器比較，主動式電力濾波器具有較佳之濾波特性，且不會有產生串/並聯諧振之危機，由於主動電力濾波器只須消除 6 脈波整流器之諧波電流，所以它的容量只需 6 脈波整流器容量之 1/3 以下，因此與脈寬調變式交/直流轉換器比較，此種架構之電力轉換器容量可以減少很多，未來極具發展潛力。

四、在線互動式不斷電電源系統

傳統在線互動式不斷電電源系統其架構可分為三種如圖八所示，圖八(a)與(b)所示架構之不斷電電源系統只包含一個電力轉換器與負載並聯[6, 7]，所以它們又稱為並聯處理式不斷電系統(parallel processing UPS)，此為最簡單之不斷電系統架構，它的電力轉換器是由功率開關元件所組成之脈寬調變式電力轉換器，它的電力可雙向流動。圖八(a)所示系統在市電正常時電力轉換器操作成一充電機或可增加功能操作成主動式電力濾波器以補償負載之諧波電流，此時實功率是由交流往直流傳送，而負載之電力品質直接決定於市電，若要加強負載之穩壓，可加裝一組自動電壓調整器 (AVR)，而市電故障後，實功率將反向由直流 (蓄電池) 轉換成交流以供應負載備用電力，因此它的功能類似傳統的離線式不斷電系統，但因只包含一個電力轉換級，因此電路大為簡化。由於電力轉換器在市電正常時操作成脈寬調變式，因此操作成充電機時其輸入電流可控制為正弦波，不會有諧波問題產生，若操作成主動式電力濾波器則可進一步消除負載所產生之諧波。

圖八(b)所示為另一型式之並聯處理式不斷電電源系統，與圖八(a)比較，它

在輸入端多加一個連結電感器，在市電正常時電力轉換器操作成一充電機對蓄電池充電，且由於有連結電感的存在，因此負載之電力品質可由電力轉換器來控制，而較不受市電之影響，若要達到穩壓功能，則連結電感值必須較大，而市電故障後，電力轉換器將轉換蓄電池之儲能成交流電能繼續供應負載所需，與圖八(a)之不斷電電源系統作比較，此型不斷電電源系統不但可控制負載端電力品質且市電故障之轉換暫態亦較佳，缺點在於多一個連結電感，此電感它操作在低頻，所以體積龐大。當市電正常時，市電電壓為正弦波，且電力換器能控制它產生一弦波電壓，則流過其間連結電感之市電電流便可控制成一正弦波，而無諧波污染問題。

圖八(c)所示為另一型式之互動式不斷電電源系統，它包含兩個電力轉換級，一個串聯在市電迴路，另一個與負載並聯。兩級均為由功率開關元件所組成之脈寬調變式電力轉換器。當市電正常時，串聯級電力轉換器操作成一電流源，使得輸入電流為一正弦波，而並聯級電力轉換器則操作成一電壓源，提供一定頻率定電壓之高品質電壓供應負載；而當市電故障時，則由並聯級電力轉換器繼續供電，串聯級電力轉換器不動作。串聯級電力轉換器上之電壓為市電電壓之變動範圍，一般均不會超過 20%，所以串聯級電力轉換器之容量大概為負載容量的 20% 即可，而並聯級電力轉換器則與傳統在線式不斷電電源系統之反流器相似。由於輸入級為串聯級電力轉換器，它操作成電流控制式脈寬調變，它可控制輸入電流為一與市電電壓同相位之弦波，所以沒有諧波問題，且可達成單位功因，又能提供良好之電力品質，且電力轉換器之總容量又較傳統在線式不斷電系統小，所以此架構非常適合大容量之不斷電電源系統。

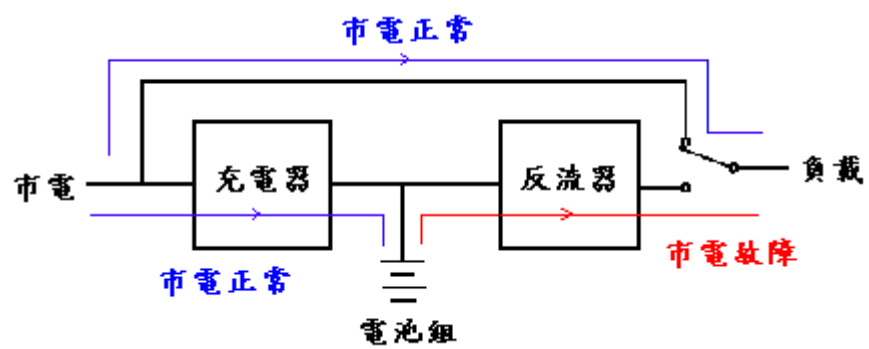
五、結語：

隨著科技不斷進步，各種新型電子設備不斷被開發出來，它們對電力品質要求較傳統電機設備高，所以不斷電電源系統之需求不斷增加，同時各國電力公司為了提供較高的電力品質，所以諧波管制標準將會愈訂愈嚴格，所以不斷電電源

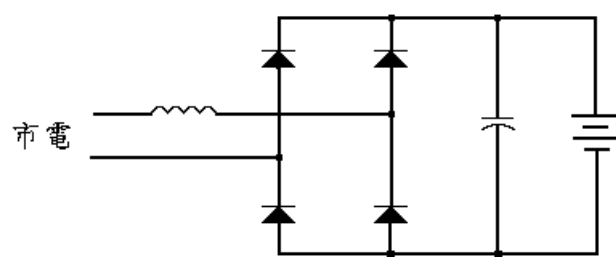
系統不僅要提供高品質電力給負載使用，同時本身亦不能成為電力品質的污染源。本文介紹並探討不斷電電源系統輸入諧波之改善技術，期能供相關工程師設計或使用不斷電電源系統時之參考。

六、參考資料

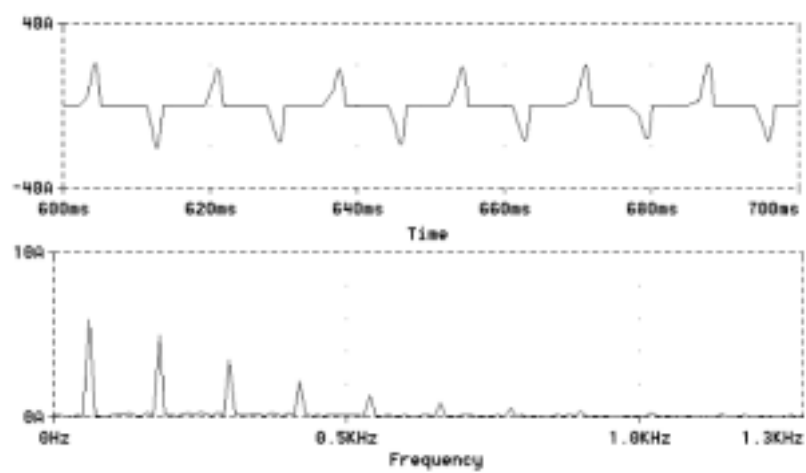
1. 江榮城，陳士麟，顏士雄，“諧波管制標準研擬，”台電工程月刊，第 526 期，1992，pp. 36-42.
2. R. D. Henderson and P. J. Rose, “Harmonics: The Effects on Power Quality and Transformers,” IEEE Trans. Industry Applications, Vol. 30, No. 3, 1994, pp. 528-532.
3. W. E. Reid, “Power Quality Issues-Standards and Guidelines,” IEEE Trans. Industry Applications, Vol. 32, No. 3, 1996, pp.625-632.
4. F. Kamran and T. G. Habetler, “A Novel On-Line UPS with Universal Filtering Capabilities,” IEEE PESC, 1995, pp. 500-506.
5. M. EI-Habrouk, M. K. Darwish and P. Mehta, 2000, “Active power Filters: A Review,” IEE Proceeding Electric Power Application, Vol. 147, No. 5, pp. 403-413.
6. J. C. Wu and H. L. Jou, “A New UPS Scheme Provides Harmonic Suppression and Input Power Factor Correction,” IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol. 42, No. 6, 1995, pp. 629-635.
7. L. Moran, E. Mora, R. Wallace and J. Dixon, “Line Conditioning System With Simple Control Strategy and Fast Dynamic Response,” IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 142, No. 2, 1995, pp128-134.
8. Mohan, Undeland and Robbins, 1991, “Power Electronics: Converters, Applications and Design,” John Wiley & Sons.



圖一 離線式不斷電系統。

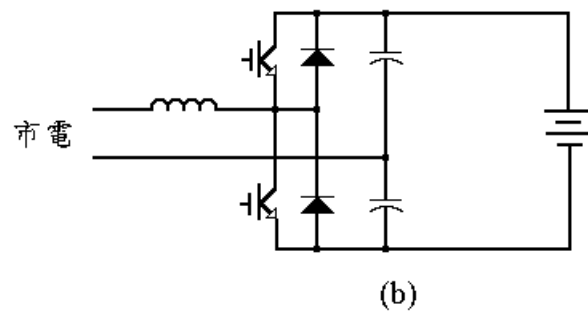
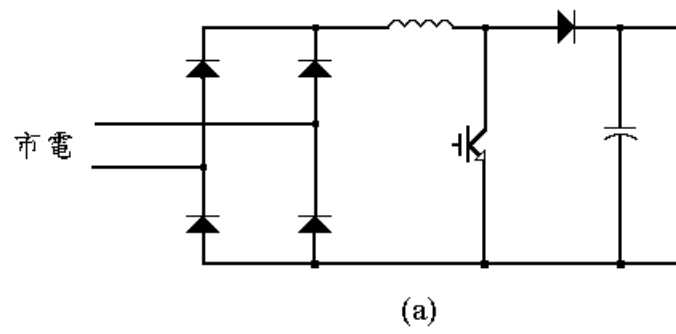


(a)

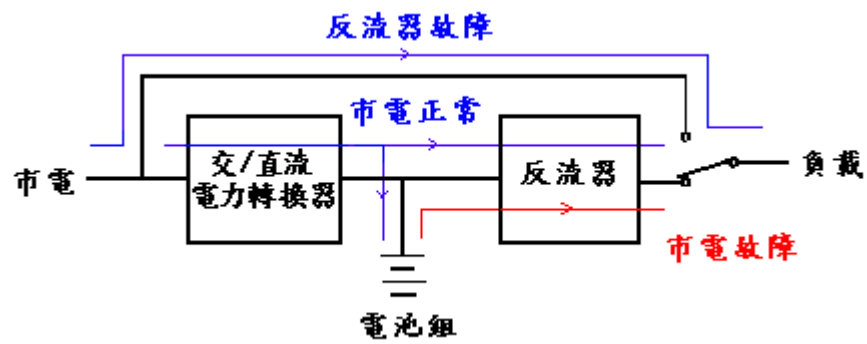


(b)

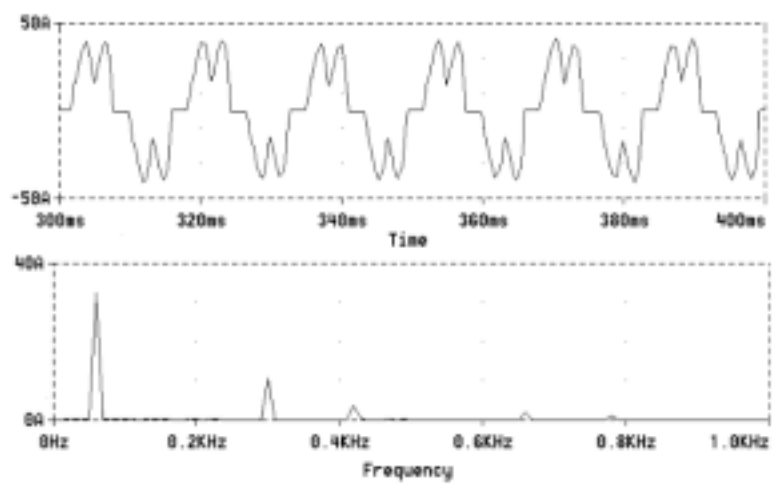
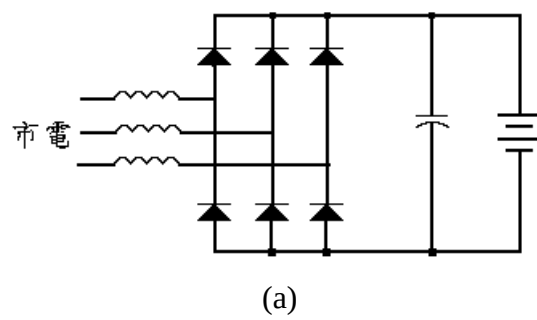
圖二 二極體整流器, (a)架構, (b)電流及頻譜。



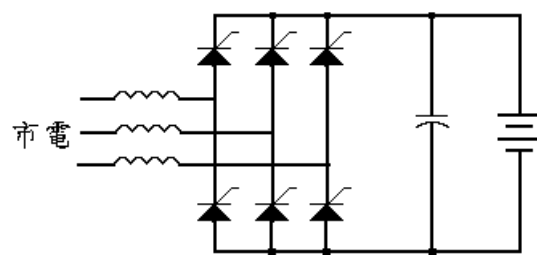
圖三 諧波改善技術，(a)功因修正型，(b)脈寬調變式轉換器。



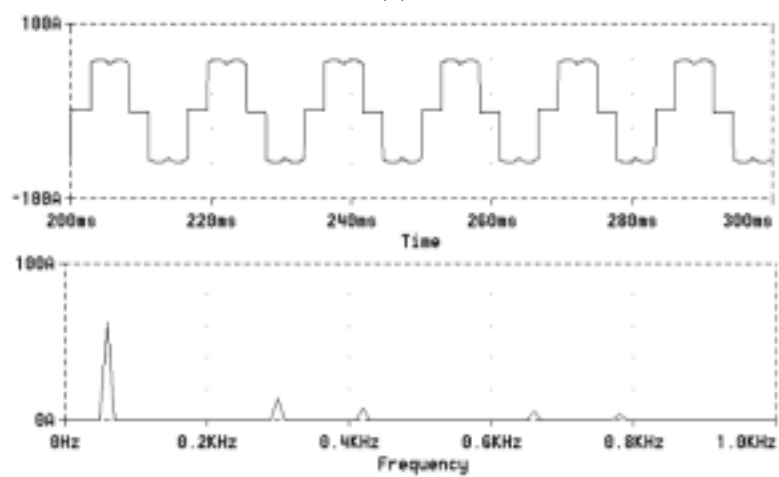
圖四 在線式不斷電系統。



圖五 三相整流器, (a)架構, (b)電流及頻譜。

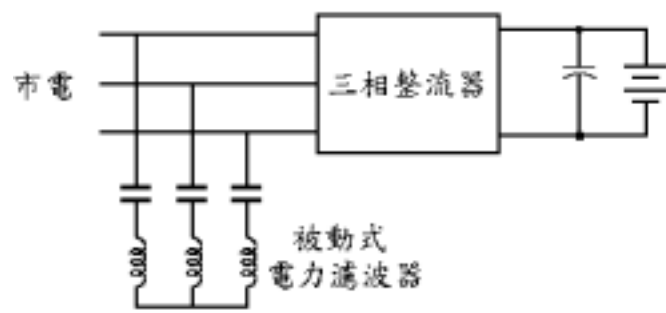


(a)

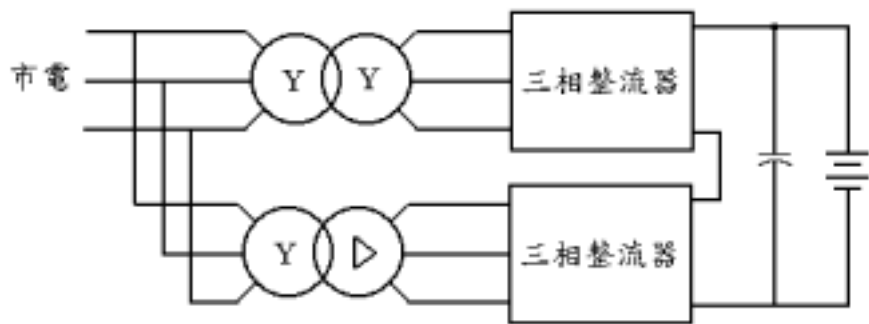


(b)

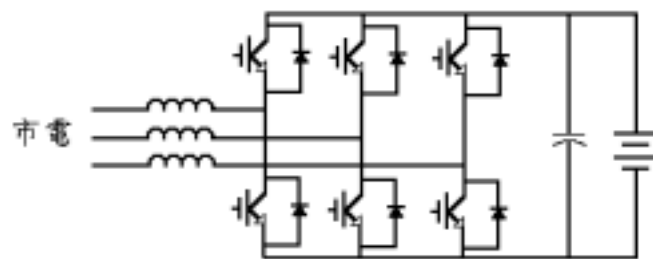
圖六 三相相控整流器, (a)架構, (b)電流及頻譜。



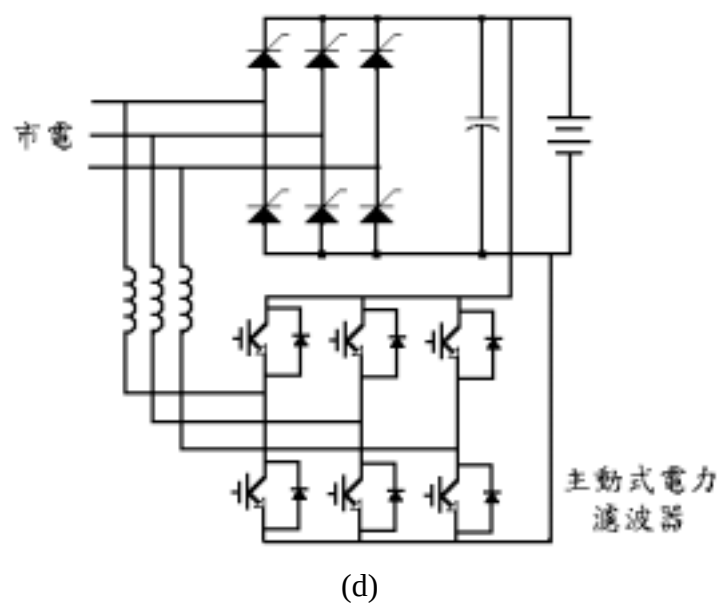
(a)



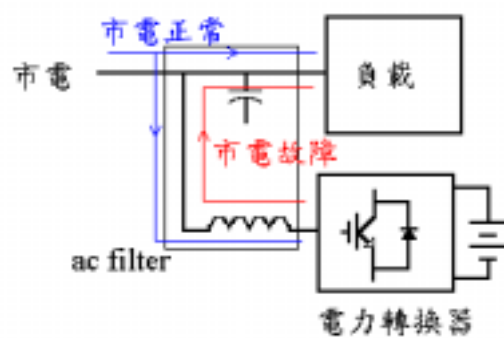
(b)



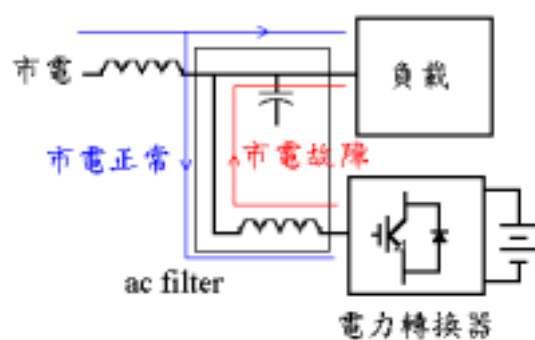
(c)



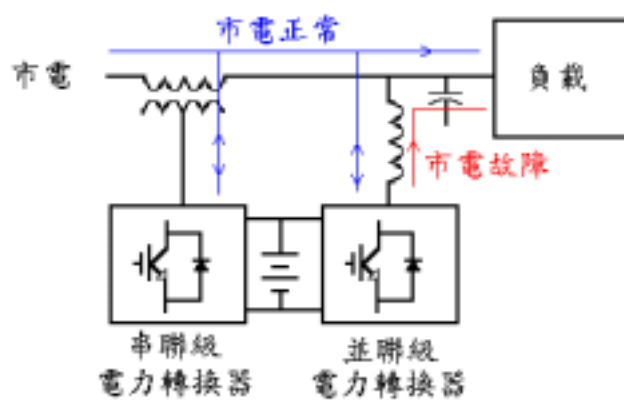
圖七 諧波改善技術，(a)被動式電力濾波器，(b)12脈波整流器，
(c)脈寬調變式交/直流轉換器，(d)主動電力濾波器。



(a)



(b)



(c)

圖八 在線互動式不斷電系統。