

【發明說明書】

【中文發明名稱】

高頻弦波脈衝式高效能之蓄電池充電器

【英文發明名稱】

BATTERY CHARGER WITH HIGH FREQUENCY SINUSOIDAL
WAVE AND HIGH EFFICIENCY

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於一種高頻弦波脈衝式高效能之蓄電池充電器，尤其是指一種可穩定充電器輸出端的輸出充電電流的大小，使開關在切換時，達到零電壓切換〔Zero Voltage Switching；ZVS〕或零電流切換〔Zero Current Switching；ZCS〕，擁有柔性切換的特性，可有效的降低切換時的損失，且可以提高電源的轉換效率，並令電路架構簡易化、可將體積縮小、減輕重量、節省電路開發成本，同時可達成安全且良好的快速充電之效果，而在其整體施行使用上更增實用功效特性者。

【先前技術】

【0002】 按，現今科技的日新月異，提高了人類生活的品質，但也因為快速的發展，帶給人類更多負面的傷害及危害；由於科技的進步與世界人口快速成長，因此能源的消耗與環境污染問題一直是現今社會的重點議題，而石油是目前使用最為廣泛的代表性能源，但石

油開採及加工卻是非常昂貴與污染的，大量開採石油，不僅加速地球環境污染，且更造成地球的氣候改變，使得全球溫度不斷提高，不斷地侵蝕危害著地球上所居住的所有生物。

【0003】 在這樣的危害地球環境下，使得人類環保意識抬頭，也不斷的開發新型態的能源，以用來替代石油燃料開採過程與製造時所產生的危害與污染；其中，電能不僅可以做任何型態的方式儲存，也是一種可以替代石油的能源，且其可以在不破壞環境的方式下的產生，同時不會像石油燃燒時會產生廢氣造成負面影響，讓電能具有更佳的環保及安全性，使得電能若能在生產後加以好好保存，其將會是一種取之不盡的能源，所以電能的使用與保存將是一大課題，同時在電力電子相關領域方面中，該如何提升電力轉換效率且又同時降低成本和損失，已成為現今科學家及各大科技產業中所重視的其中一個環節。

【0004】 而現有的共振式充電器之電路架構，其多半以切換式的架構為主體，此種電路架構不僅體積龐大，而且切換功率不佳以及電路容易發熱增加耗損，更可能帶來不可預測的傷害與危機。

【0005】 緣是，發明人有鑑於此，秉持多年該相關行業之豐富設計開發及實際製作經驗，針對現有之結構及缺失再予以研究改良，提供一種高頻弦波脈衝式高效能之蓄電池充電器，以期達到更佳實用價值性之目的者。

【發明內容】

【0006】 本發明之主要目的在於提供一種高頻弦波脈衝式高效能之蓄電池充電器，主要係使用了串聯負載共振式轉換器電路操作於非連續電流模式，並於整流器的輸入端設計一高頻儲能電感器，以穩定充電器輸出端的輸出充電電流的大小，可以使開關在切換時，達到零電壓切換〔Zero Voltage Switching；ZVS〕或零電流切換〔Zero Current Switching；ZCS〕，擁有柔性切換的特性，可有效的降低切換時的損失，且可以提高電源的轉換效率，並令電路架構簡易化、可將體積縮小、減輕重量、節省電路開發成本，同時可達成安全且良好的快速充電之效果，而在其整體施行使用上更增實用功效特性者。

【圖式簡單說明】

【0007】 第一圖：本發明之電路圖

【0008】 第二圖：本發明之主要元件時序波形圖

【0009】 第三圖：本發明之工作模式一等效線性電路圖

【0010】 第四圖：本發明之工作模式二等效線性電路圖

【0011】 第五圖：本發明之工作模式三等效線性電路圖

【0012】 第六圖：本發明之工作模式四等效線性電路圖

【0013】 第七圖：本發明之工作模式五等效線性電路圖

【0014】 第八圖：本發明之工作模式六等效線性電路圖

- 【0015】 第九圖：本發明之輸入電壓 v_{dc} 與輸入電流 i_{dc} 實測波型圖
- 【0016】 第十圖：本發明之濾波電容 C_{dc} 電壓 $v_{C_{dc}}$ 與輸入電流 $i_{C_{dc}}$ 實測波型圖
- 【0017】 第十一圖：本發明之分壓電容 C_1 電壓 v_{C_1} 與電流 i_{C_1} 實測波型圖
- 【0018】 第十二圖：本發明之分壓電容 C_2 電壓 v_{C_2} 與電流 i_{C_2} 實測波型圖
- 【0019】 第十三圖：本發明之驅動訊號電壓 v_{gs1} 與開關 S_1 跨壓 v_{ds1} 實測波型圖
- 【0020】 第十四圖：本發明之驅動訊號電壓 v_{gs2} 與開關 S_2 跨壓 v_{ds2} 實測波型圖
- 【0021】 第十五圖：本發明之開關 S_1 跨壓 v_{ds1} 與電流 i_{ds1} 實測波型圖
- 【0022】 第十六圖：本發明之開關 S_2 跨壓 v_{ds2} 與電流 i_{ds2} 實測波型圖
- 【0023】 第十七圖：本發明之共振槽輸入端電壓 v_a 與電流 i_a 實測波型圖
- 【0024】 第十八圖：本發明之共振電感 L_r 跨壓 v_{L_r} 與電流 i_{L_r} 實測波型圖
- 【0025】 第十九圖：本發明之共振電容 C_r 跨壓 v_{C_r} 與電流 i_{C_r} 實測波型圖
- 【0026】 第二十圖：本發明之分流電感 L_s 跨壓 v_{L_s} 與電流 i_{L_s} 實測波型圖
- 【0027】 第二十一圖：本發明之共振槽輸出端電壓 v_b 與電流 i_b 實測波型圖

- 【0028】 第二十二圖：本發明之全波整流二極體跨壓 v_{D1} 、 v_{D2} 與電流 i_{D1} 、 i_{D2} 實測波型圖
- 【0029】 第二十三圖：本發明之全波整流二極體跨壓 v_{D3} 、 v_{D4} 與電流 i_{D3} 、 i_{D4} 實測波型圖
- 【0030】 第二十四圖：本發明之蓄電池 Battery 電壓 v_{out} 與電流 i_{out} 實測波型圖
- 【0031】 第二十五圖：本發明之共振槽輸入端電壓 v_a 與共振槽輸出端電壓 v_b 實測波型圖
- 【0032】 第二十六圖：本發明之共振電容 C_r 電流 i_{Cr} 與蓄電池 Battery 電流 i_{out} 實測波型圖
- 【0033】 第二十七圖：本發明輸入電壓為 150V 的直流電時之輸入端電壓曲線圖
- 【0034】 第二十八圖：本發明之輸入端電流曲線圖
- 【0035】 第二十九圖：本發明之輸入功率曲線圖
- 【0036】 第三十圖：本發明之蓄電池 Battery 充電至靜置電壓變化曲線圖
- 【0037】 第三十一圖：本發明之蓄電池 Battery 於充電期間端電壓變化曲線圖
- 【0038】 第三十二圖：本發明之蓄電池 Battery 於充電期間充電電流

變化曲線圖

【0039】 第三十三圖：本發明之蓄電池 Battery 於充電期間輸入功率曲線圖

【0040】 第三十四圖：本發明之整體轉換效率變化曲線圖

【0041】 第三十五圖：本發明之 Ah 值與時間變化曲線圖

【0042】 第三十六圖：本發明之電壓與電池容量變化曲線圖

【0043】 第三十七圖：本發明之電池端電壓與 SOC 變化曲線圖

【實施方式】

【0044】 為令本發明所運用之技術內容、發明目的及其達成之功效有更完整且清楚的揭露，茲於下詳細說明之，並請一併參閱所揭之圖式及圖號：

【0045】 首先，請參閱第一圖本發明之電路圖所示，本發明之充電器（1）主要係於直流輸入電源 V_{dc} 之正極分別連接濾波電容 C_{dc} 之第一端、分壓電容 C_1 之第一端及開關 S_1 之第一端，而該直流輸入電源 V_{dc} 之負極則分別連接該濾波電容 C_{dc} 之第二端、分壓電容 C_2 之第二端及開關 S_2 之第二端，該分壓電容 C_1 之第二端分別連接該分壓電容 C_2 之第一端及共振電感 L_r 之第一端，該開關 S_1 之第二端分別連接該開關 S_2 之第一端、分流電感 L_s 之第二端、二極體 D_3 之正極及二極體 D_2 之負極，該共振電感 L_r 之第二端連接共振電容 C_r 之第一端，令該共振電感 L_r 及該共振電容 C_r 組成共振槽，該共振電容 C_r 之第二端分別

連接該分流電感 L_s 之第一端、二極體 D_1 之正極及二極體 D_4 之負極，令該二極體 D_1 、該二極體 D_2 、該二極體 D_3 、該二極體 D_4 組成橋式整流器，該二極體 D_1 之負極分別連接該二極體 D_3 之負極與蓄電池 Battery 之正極，而該二極體 D_4 之正極分別連接該二極體 D_2 之正極與該蓄電池 Battery 之負極。

【0046】 使得該充電器（1）於操作使用上，由該直流輸入電源 V_{dc} 輸入直流電壓，且驅動訊號電壓 v_g 輸入至該開關 S_1 及該開關 S_2 ，令該開關 S_1 及該開關 S_2 切換導通，使得組成共振槽之該共振電感 L_r 、該共振電容 C_r 與做為儲能電感之該分流電感 L_s 達成零電流切換之目的，以減少電路之切換損失之效果，再經由該二極體 D_1 、該二極體 D_2 、該二極體 D_3 、該二極體 D_4 所組成之橋式整流器進行整流，得到一穩定的非連續直流電壓，提供給負載端的該蓄電池 Battery 進行充電，利用非連續性的直流電壓充電，給予該蓄電池 Battery 在充電中有階段性休息效果，不僅達成快速充電，也使該蓄電池 Battery 壽命更為延長。

【0047】 而根據各開關切換與各二極體導通與否，可以將該轉換器（1）在一個切換週期 T_s 的動作，分成六個工作模式，其各工作模式等效線性電路以及主要元件時序波形如下，請再一併參閱第二圖本發明之主要元件時序波形圖所示：

【0048】 工作模式一〔 $t_0 \leq t < t_1$ 〕：請再一併參閱第三圖本發明之工作模式一等效線性電路圖所示，電路進入工作模式，驅動訊號電壓

v_{gs1} 由低電位轉為高電位，功率開關電晶體 MOSFET 開始切換導通，電壓 v_{ds1} 為零，電流 i_{ds1} 為正半周，電流由該開關 S_1 流入導通，經該開關 S_1 後流入該二極體 D_3 再流進該蓄電池 Battery，於充電電流流入該蓄電池 Battery 後，該蓄電池 Battery 之電壓 v_{out} 進入脈動狀態，可知該蓄電池 Battery 開始進行充電，電流由該蓄電池 Battery 流出後進入該二極體 D_4 再流入該共振槽所並聯的該分流電感 L_s ，由於該共振槽之電流 i_a 、 i_{Lr} 、 i_{Cr} 相同，驅動訊號 v_{gs2} 仍未觸發，讓電流最後進入該分壓電容 C_2 後流回輸入端形成一個迴路。

【0049】 工作模式二 [$t_1 \leq t < t_2$]：請再一併參閱第四圖本發明之工作模式二等效線性電路圖所示，在工作模式二時，由於驅動訊號電壓 v_{gs1} 持續位於高電位，該開關 S_1 持續導通中，電流走向依舊往該二極體 D_3 流入該蓄電池 Battery 後導通流至該二極體 D_4 ，此時該共振槽上並聯的該分流電感 L_s 由正電流轉為負電流，電流流回該共振槽之該共振電容 C_r 、該共振電感 L_r ，最後進入該分壓電容 C_2 形成一個迴路。此時當電流共振至零時，將進入工作模式三。

【0050】 工作模式三 [$t_2 \leq t < t_3$]：請再一併參閱第五圖本發明之工作模式三等效線性電路圖所示，進入工作模式三時，驅動訊號電壓 v_{gs1} 持續位於高電位，這時功率電晶體 MOSFET 處於導通狀態，電流流進該開關 S_1 為零，此時達到不連續電流，做為儲能電感之該分流電感 L_s 提供一電流迴路，使得該蓄電池 Battery 電壓與電流達到平衡狀態，令該蓄電池 Battery 達到充電休息狀態。驅動訊號電壓 v_{gs1}

由高電位切換至零時，驅動訊號電壓 v_{gs2} 由低電位切換至高電位將進入工作模式四。

【0051】 工作模式四〔 $t_3 \leq t < t_4$ 〕：請再一併參閱第六圖本發明之工作模式四等效線性電路圖所示，進入工作模式四，由於驅動訊號電壓 v_{gs1} 降至為零，此時驅動訊號電壓 v_{gs2} 為高電位，功率電晶體 MOSFET 開始切換導通，電壓 v_{ds2} 為零，電流 i_{ds2} 為正半周，電流由該開關 S_2 流入導通，該共振槽之電流 i_a 、 i_{Lr} 、 i_{Cr} 相同，該分流電感 L_s 電流為負電流，流入該二極體 D_1 再進入該蓄電池 Battery，該蓄電池 Battery 進入休息狀態後開始充電，電流由該蓄電池 Battery 流出進入該二極體 D_2 後，形成一個迴路，達到工作模式四的狀態。

【0052】 工作模式五〔 $t_4 \leq t < t_5$ 〕：請再一併參閱第七圖本發明之工作模式五等效線性電路圖所示，由於驅動訊號電壓 v_{gs2} 仍處於為高電位，功率電晶體 MOSFET 開始持續導通，電流由該開關 S_2 流入導通，該共振槽之電流 i_a 、 i_{Lr} 、 i_{Cr} 持續不變，該分流電感 L_s 電流由負電流轉為正電流，電流經該二極體 D_1 再進入該蓄電池 Battery 進行充電，該蓄電池 Battery 流出再進入該二極體 D_2 後，形成一個迴路，達到工作模式五的狀態。

【0053】 工作模式六〔 $t_5 \leq t < t_s + t_0$ 〕：請再一併參閱第八圖本發明之工作模式六等效線性電路圖所示，進入工作模式六時，驅動訊號電壓 v_{gs2} 持續位於高電位，這時功率電晶體 MOSFET 處於導通狀態，電流流進該開關 S_2 為零，此時再度達到不連續電流，做為儲能電感

之該分流電感 L_s 形成一電流迴路，使得該蓄電池 Battery 電壓與電流再度致平衡，該蓄電池 Battery 進入第二次充電休息狀態。驅動訊號電壓 v_{gs2} 由高電位切換至零時，驅動訊號電壓 v_{gs1} 由低電位切換至高電位，將再次進入工作模式一。

【0054】 而將該充電器（1）之電氣規格與元件參數設定如下表所示：

電源側	輸入電壓	155V
切換頻率(f_s)	60kHz	
共振槽	共振電感(L_r)	0.52 μ H
	共振電容(C_r)	0.5 μ F
	分流電感(L_s)	598mH
負載側	鉛酸蓄電池 Battery	4 個12V、12Ah 串聯成 48V、12Ah 蓄電池組

【0055】 在切換頻率以 60kHz 之驅動下，對電路輸入 155V 之電壓進行該蓄電池 Battery 之充電，請再一併參閱第九圖本發明之輸入電壓 V_{dc} 與輸入電流 i_{dc} 實測波型圖、第十圖本發明之濾波電容 C_{dc} 電壓 v_{Cdc} 與輸入電流 i_{Cdc} 實測波型圖、第十一圖本發明之分壓電容 C_1 電壓 v_{C1} 與電流 i_{C1} 實測波型圖、第十二圖本發明之分壓電容 C_2 電壓 v_{C2} 與電流 i_{C2} 實測波型圖、第十三圖本發明之驅動訊號電壓 v_{gs1} 與開關 S_1 跨壓

v_{ds1} 實測波型圖、第十四圖本發明之驅動訊號電壓 v_{gs2} 與開關 S_2 跨壓 v_{ds2} 實測波型圖所示，由該第十三圖及第十四圖可知，當該開關 S_1 、該開關 S_2 驅動信號切換的瞬間，該開關 S_1 和該開關 S_2 之跨壓 v_{ds1} 和跨壓 v_{ds2} 均已降為零，驅動訊號電壓 v_{gs1} 和驅動訊號電壓 v_{gs2} 才切換為高準位，達到 ZVS 切換為導通的特性，降低切換損失。

【0056】 請再一併參閱第十五圖本發明之開關 S_1 跨壓 v_{ds1} 與電流 i_{ds1} 實測波型圖、第十六圖本發明之開關 S_2 跨壓 v_{ds2} 與電流 i_{ds2} 實測波型圖、第十七圖本發明之共振槽輸入端電壓 v_a 與電流 i_a 實測波型圖、第十八圖本發明之共振電感 L_r 跨壓 v_{Lr} 與電流 i_{Lr} 實測波型圖、第十九圖本發明之共振電容 C_r 跨壓 v_{Cr} 與電流 i_{Cr} 實測波型圖、第二十圖本發明之分流電感 L_s 跨壓 v_{Ls} 與電流 i_{Ls} 實測波型圖、第二十一圖本發明之共振槽輸出端電壓 v_b 與電流 i_b 實測波型圖、第二十二圖本發明之全波整流二極體跨壓 v_{D1} 、 v_{D2} 與電流 i_{D1} 、 i_{D2} 實測波型圖、第二十三圖本發明之全波整流二極體跨壓 v_{D3} 、 v_{D4} 與電流 i_{D3} 、 i_{D4} 實測波型圖、第二十四圖本發明之蓄電池 Battery 電壓 v_{out} 與電流 i_{out} 實測波型圖、第二十五圖本發明之共振槽輸入端電壓 v_a 與共振槽輸出端電壓 v_b 實測波型圖、第二十六圖本發明之共振電容 C_r 電流 i_{Cr} 與蓄電池 Battery 電流 i_{out} 實測波型圖所示，由上述各圖可知該蓄電池 Battery 的充電電流頻率高達 $120kHz$ 。

【0057】 請再一併參閱第二十七圖本發明輸入電壓為 150V 的直流電時之輸入端電壓曲線圖、第二十八圖本發明之輸入端電流曲線圖、

第二十九圖本發明之輸入功率曲線圖、第三十圖本發明之蓄電池 Battery 充電至靜置電壓變化曲線圖所示，由上述各圖可知，該蓄電池 Battery 充飽電只需耗費 54.5 分鐘，達到快速充電的功能；請再一併參閱第三十一圖本發明之蓄電池 Battery 於充電期間端電壓變化曲線圖、第三十二圖本發明之蓄電池 Battery Battery於充電期間充電電流變化曲線圖、第三十三圖本發明之蓄電池 Battery 於充電期間輸入功率曲線圖、第三十四圖本發明之整體轉換效率變化曲線圖所示，由上述各圖可知，該充電器（1）最高效率達 98.02%；第三十五圖本發明之 Ah 值與時間變化曲線圖、第三十六圖本發明之電壓與電池容量變化曲線圖、第三十七圖本發明之電池端電壓與 SOC 變化曲線圖所示，由上述各圖同樣可知，該蓄電池 Battery 充飽電只需耗費 54.5 分鐘，而達到快速充電的功能。

【0058】 藉由以上所述，本發明電路之組成與使用實施說明可知，本發明主要係使用了串聯負載共振式轉換器電路操作於非連續電流模式，並於整流器的輸入端設計一高頻儲能電感器，以穩定充電器輸出端的輸出充電電流的大小，可以使開關在切換時，達到零電壓切換〔Zero Voltage Switching；ZVS〕或零電流切換〔Zero Current Switching；ZCS〕，擁有柔性切換的特性，可有效的降低切換時的損失，且可以提高電源的轉換效率，並令電路架構簡易化、可將體積縮小、減輕重量、節省電路開發成本，同時可達成安全且良好的快速充電之效果，而在其整體施行使用上更增實用功效特性者。

【0059】 然而前述之實施例或圖式並非限定本發明之產品結構或使用方式，任何所屬技術領域中具有通常知識者之適當變化或修飾，皆應視為不脫離本發明之專利範疇。

【0060】 綜上所述，本發明實施例確能達到所預期之使用功效，又其所揭露之具體構造，不僅未曾見諸於同類產品中，亦未曾公開於申請前，誠已完全符合專利法之規定與要求，爰依法提出發明專利之申請，懇請惠予審查，並賜准專利，則實感德便。

【符號說明】

【0061】 1:轉換器

【0062】 V_{dc} :直流輸入電源

【0063】 C_{dc} :濾波電容

【0064】 C_1 :分壓電容

【0065】 C_2 :分壓電容

【0066】 C_r :共振電容

【0067】 S_1 :開關

【0068】 S_2 :開關

【0069】 L_r :共振電感

【0070】 L_s :分流電感

【0071】 D_1 :二極體

【0072】 D_2 :二極體

【0073】 D_3 :二極體

【0074】 D_4 :二極體

【0075】 Battery:蓄電池