

SCR式 充電器 設計에 關한 研究

郭 炳 哲* 指導教授 金 永 炯**

概 要

現在 産業用으로 많이 쓰이고 있는 鉛蓄電池나 Alkali 電池의 充電用 充電器가 半導體化 以後 Thyristor式 自動充電器로 轉換되고 있는데 발맞추어 本 研究에서는 現在の 充電器로서의 長點을 충분히 가지고 있으면서 負荷端子가 短絡되거나 開放되거나 또는 電源이 잘못 접속될 경우에도 充電器부하나 回路를 충분히 保護할수 있는 充電器를 設計하고자 했다. 本 研究의 研究 대상은 Battery의 殘留電壓을 利用한 UJT 弛張發振器로 구동되는 SCR式 充電器 回路이다.

아울러 Soft start 回路와 同期回路 그리고 Pulse 增幅回路를 첨가시켜 보다 充電特性을 向上시켰으며 엄밀한 特性試驗, 즉 遲延回路 試驗, 出力端子 開放試驗, 短絡試驗, 出力端子 誤結線試驗등을 통해 여러가지 장해가 없음을 확인했다. 그리고 가급적 후태가 가능하도록 小形化시키면서 누구나 손쉽게 操作할 수 있는 간편하고 實用的인 充電器를 設計하는데 힘썼다.

그래서 다음과 같은 장점을 本來의 長點에다 부가시킬 수 있었다.

- (가) Soft start 回路를 첨가시켜 平均 30~50sec의 遲延間間을 얻을 수 있었다.
- (나) 同期回路를 별도로 첨가시켜 Pulse 信號의 同期를 확실하게 할 수 있었다.
- (다) Pulse 增幅回路를 使用하여 SCR의 制御能力을 확실하게 할 수 있었다.

結論的으로 本 充電器는 Trickle 充電을 제외한 初充電 均等充電 浮動充電 補正充電 急速充電등을 自由로이 할 수 있었고 小形 輕量이고 취급이 簡便하여 實用的이라고 본다.

그러나 여러가지 條件下에서의 現場實驗을 다해보지 못한 것이 약간 아쉽다.

目 次

- I. 緒 論
- II. 充電器의 原理와 解析
 - (2-1) 充電器回路의 原理
 - (2-2) 單相半波回路 解析
 - (2-3) UJT 弛張發振回路
 - (2-4) Soft start circuit
 - (2-5) 同期回路
- III. 回路設計 및 製作
- IV. 特性試驗
- V. 結 論

I. 緒 論

現在 産業用으로 가장 많이 使用되고 있는 鉛蓄電池

* 朝鮮大 工大 電氣工學科 3年

** 指導教授 · 朝鮮大工大

나 蓄電池의 充電用 充電器는 半導體化 以後 급속히 發展하여 Thyristor式 自動充電器로 轉換되고 있다. 이들은 비상 電源用 Battery 電話器電源用 Battery, 기타 産業一般에서 使用되고 있는 Battery의 初 充電, 浮動充電, 均等充電, 急速充電등 어느 것에나 使用할 수 있다. 이와 같이 Thyristor式 自動充電器가 다양하게 應用되고 있는 것은 다음과 같은 長點이 있기 때문이라고 본다(1).

- (가) 定電壓 精度가 높다.
- (나) 效率가 높다.
- (다) 小形 輕量이고 設置 및 移動이 便利하다.
- (라) 過電流에 있어서 垂下特性을 갖게하는 것이 容易하므로 速應性이 풍부하다.

本 論文에서는 이와 같이 充電器로서의 長點을 충분히 가지고 있으면서 負荷端子가 短絡되거나, 開放되거나, 또는 電源이 잘못 접속될 경우에도 充電器 負荷를 충분히 保護할 수 있는 充電器를 設計하고자 한다. 먼

저 Battery 殘留電壓을 利用한 UJT 弛張發振器로 驅動되는 SCR式 充電器回路⁽²⁾를 研究대상으로 選定하였다. 그리하여 既存 長點을 最大限 살리고 Soft start 回路와 同期回路 그리고 pulse 增幅回路를 첨가하여 보다 充電特性을 向上시키고 휴대할 수 있도록 小型化시키면서 누구나 손쉽게 조작할 수 있는 간편하고 實用的인 充電器回路를 設計 製作 實驗하고자 한다.

II. 充電器의 原理와 解析

2-1. 充電器回路의 原理

그림 (1)은 試作用으로 設計한 SCR式 充電器의 基本回路圖이다. 또 그림 (2)는 그 Block 線圖이다. 지금 充電器 負荷端子 PN을 Battery의 正, 負極에 접속시키면 Battery의 殘留電壓이 soft start 回路를 거쳐서 UJT 弛張發振器 回路에서 發生한 出力 pulse는 C₃를 통해서 들어온 AC電源 周波數와 同期가 이루어져 Pulse Trans T₁를 통해서 Pulse는 다시 Pilot SCR에 가했다. 이때 별도의 AC電源과 Pilot SCR에 依해서 增幅된 信號는 Main SCR를 Trigger시킨다. 主電源回路는 종래 Silicon 整流器에서 入力端에 變壓器를 使用하여 電壓을 Drop시키던 것을 이 回路에서는 制御角을 크게 잡아 Trans 없이 직접 설계할 수 있었다. 이로 인한 電力損失의 경감 부피와 重量의 감소로 小型化되고 아주 간편한 充電器가 되었다. 앞서 遲延

回路를 使用한 理由는 初期 過渡電流에 依한 SCR의 保護目的과 高周波 障害를 없애 誤動作을 방지하기 위함이었다.

그리고 現場 操作時 操作者의 電氣의 Shock를 防止하는데 目的이 있었다. 또 Pulse 信號 增幅器는 12 (V) 鉛蓄電池를 例로 들면 放電終止電壓이 16.8 (V) 인데 最惡의 경우 9 (V) 정도에서도 UJT 回路가 動作되어 出力 Pulse가 나왔을 때 이것이 Main SCR을 Trigger시키기에는 너무 미흡했었다. 그리고 逆起電力을 갖는 容量性 負荷에 幅이 작은 Pulse가 그대로 보내졌을 때 制御能力의 저하로 制御不能의 위험이 있기 때문이었다. 이때 pulse增幅端은 電磁的으로 完全히 분리시켰다.

표 (1)은 各種 蓄電池의 充電方式에 따른 1 cell當의 最適 充電電壓을 나타낸다⁽³⁾. 表에 依해서 選定된 充電電壓 以上으로 Battery의 電壓이 오르면 (充電完了) 自動的으로 D₁₁의 檢出回路를 통하여 發振이 中止되고 充電이 멎는다.

2-2. 單相半波整流回路 解析

單一 SCR에 依하여 單相 AC 100(V)를 α 角으로 半波整流하여 逆起電力을 갖는 Battery에 充電電流를 원하는 時間率로 供給한다. 지금 理論解析을 爲한 Power回路를 그림 (3)에 보이고 그 電壓 電流의 波形을 그림 (4)에 나타낸다. 그림 (4)에서 直流出力 電壓

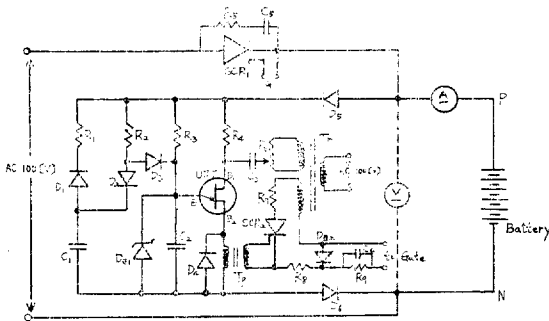


Fig. 1. SCR式 充電器의 基本回路

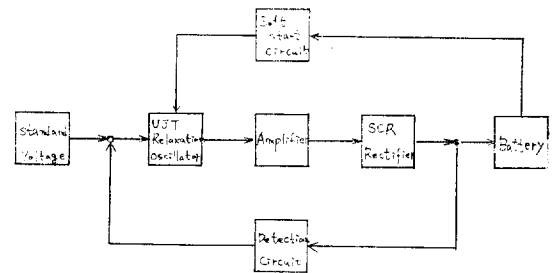


Fig. 2. Block diagram

表 1. 定電壓 充電時의 蓄電池 電壓

蓄電池의 種類	充電方式	初 充 電 電 壓 (終止電壓)	浮動充電電壓[V]	均等充電電壓[V]	補充電壓[V]
鉛 蓄 電 池(自動車用除外)		3.0	2.15	2.4	2.4
Alkali	Tube式	2.0	1.5	1.6	1.6
	Portable式	1.8	1.45	1.55	1.55
蓄電池	燒 結 式	1.7	1.37~1.4	1.4~1.45	1.4~1.45

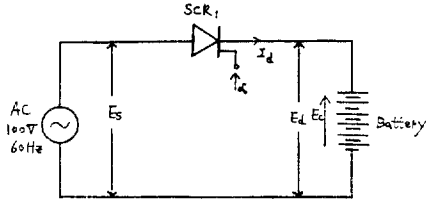


Fig 3. Power circuit

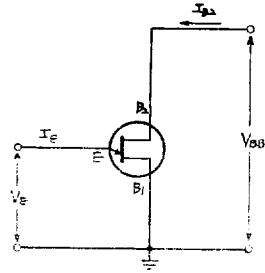


Fig 5. UJT 基本回路

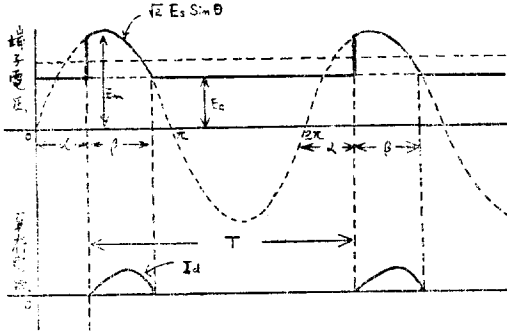


Fig 4. Wave form

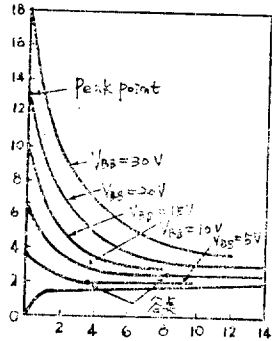


Fig 6. UJT의 Emitter 入力特性

의 平均值 E_d 는

$$E_d = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha+\beta} \sqrt{2} E_s \sin \theta d\theta + \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha+\beta-2\pi}^{\alpha} E_c d\theta$$

$$E_d = \frac{E_s}{\sqrt{2}\pi} [\cos \alpha - \cos(\alpha + \beta) + \frac{E_c}{\sqrt{2}E_s} (2\pi - \beta)] \quad (1)$$

으로 求할 수 있다.

電流는 α 點에서 흐르기 始作하여 순시전압이 Battery 逆起電力과 일치되는 點 β 에서 끝나기 때문에 斷續波가 된다.

2-3. UJT 弛張發振回路⁽³⁾

SCR의 Trigger 用 Gate Pulse 發生回路는 UJT 에 의한 弛張發振回路를 使用했다. UJT의 基本 回路圖를 그림 (5)에, UJT의 Emitter 入力特性은 그림 (6)에 나타낸다. Base間 電壓 V_{BB} 에 對한 Emitter 電壓(E-B間 電壓) V_E 가 어느 一定電壓 V_P 以上에서는 Emitter는 $B_2 \rightarrow E$ 로 逆 bias 되어 UJT는 off 狀態가 된다. 그러나 V_E 가 V_P 와 같게 되고 Emitter 電流 I_E 가 Peak點 電流 I_P 보다 크게 되면 Emitter Base間은 急激한 低抵抗이 되고 UJT는 on의 狀態로 된다. on의 狀態에서 V_E 가 낮아지거나 I_E 가 어느 一定值 以下가 되면 다시 off 狀態로 된다. off 狀態에 있어서 Base間的 抵抗은 5~10 (k Ω)의 범위가 되고 溫度係數는 約 0.8%/deg이다. on의 狀態로 될 때 V_P 와 V_{BB} 사이는 式 (3)가 成立되고 여기서 助變數 η 는 stand-off 比이며 그값은 0.51~0.82정도다. V_P 는 25°C에서 約

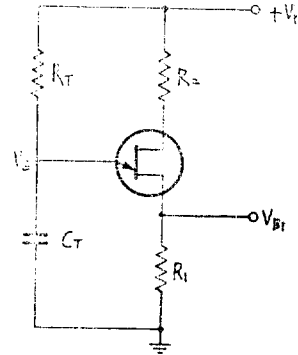


Fig 7. UJT 弛張發振器의 基本回路

0.5(V)이며 Emitter diode 電壓과 等價이다.

그림 (7)은 UJT 弛張發振器의 基本回路圖이다. R_2 과 R_1 의 값은 式 (3)으로 선정하고 이때 V_P 의 값은 式 (4)로 결정된다.

$$V_P = \eta V_{BB} + V_P \quad (2)$$

$$R_2 \approx 0.4 R_{BB} / \eta V_1 + (1 - \eta) R_1 / \eta \quad (3)$$

$$V_P = 3V_1 \quad (4)$$

그림 (7)의 基本回路에서 C_T 는 R_T 를 통해서 Emitter 電壓이 V_P 에 도달할 때까지 充電된다. 充電電壓이 이 電壓에 도달하면 UJT는 turn on되고 C_T 의 電荷는 R_1 을 통해서 放電한다. Emitter 電壓이 約 2 (V)가

되면 Emitter가 다시 非導通이 되고 UJT가 Kurn off 된다. 이와 같이 on off 狀態가 주기적으로 반복 R_1 에서 일정한 주파의 Pulse가 出力으로 나온다. 이때 주기 T 는

$$T = R_T C_T \ln \left(\frac{1}{1-\eta} \right) \quad (5)$$

式으로 求할 수 있다.

2-4. Soft Start Circuit

充電을 開始할 때 과도한 전류가 흘러 負荷 접촉단자에서 Spark가 發生 高周波 장애를 일으키기 때문에 이를 제거하기 爲하여 그림 (8)에서 보인 바와 같은 Soft Start Circuit를 첨가했다. $t=0$ 에서 定常狀態에 도달하는 시간을 T_0 라 하면 (5)式으로 보터

$$T_0 = \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) \left(C_1 + C_2 \ln \frac{1}{1-\eta} \right) \quad (6)$$

式을 誘導할 수 있다. 但, D_2 와 D_3 의 順方向 内部抵抗은 무시했다. 또 R_2 가 R_3 에 比하여 대단히 적으므로 D_3 의 逆方向 阻止로 고려할 필요가 없다.

한편 定常狀態에 이르기전에 α 角이 적은 Pulse가 많이 發生해서 다소의 부하전류가 단속적으로 흐르지만 여기서는 定常狀態에 도달하는 時間까지를 지연시간으로잡았다. 실제 본 試作器에서는 平均 30~50sec의 지연시간을 얻었다.

2-5. 同期回路

Gate 信號 發生回路의 電源을 Battery의 直流電壓을 使用하고 Power 回路의 電源은 交流 100(V)를 使用하므로 同期問題가 매우 어려웠다. 본 試作器에서는 AC 電源 100(V)를 소용량 Trans로 drop시켜 그림 (1)에서 보인 바와 같이 C_3 를 通해서 B_2 에 가하므로서 同期를 잡았다. 實驗結果 C_3 의 電壓은 12(V)가 最적이었다.

그리고 앞서 (2-1)에서 언급한 Pulse信號 增幅端을 첨가했다.

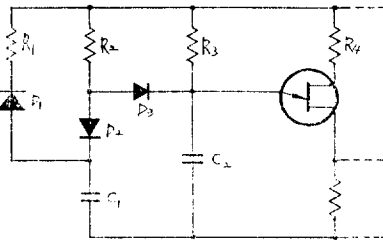


Fig 8. Soft start circuit

III. 回路設計 및 製作

위의 回路解析에 依해서 算定된 最適值로 設計한 試作器의 實體를 사진 (1)에 나타내었다. 그 財源은 표 (2)와 같다. 모든 財源은 國內에서 손쉽게 求할 수 있는 것만을 使用하였다. 따라서 製作費를 省가로 할 수 있었다.

負荷電流 波形이 斷續波이기 때문에 直流 Reactor를 삽입하여 SCR의 利用率을 높이고 脈動率을 低게 하는 方法이 있지만 본 試作器에서는 斷續波가 蓄電池의 充

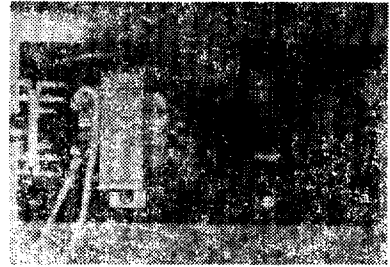


사진 1. 試作器의 完成品

電特性에 惡影響을 주지 않으므로⁽¹⁾ Reactor 使用을 省略하였다.

실체의 크기는 가로 20cm 세로 10cm 높이 7cm로 충분히 휴대할 수 있었다.

IV. 特性試驗

12(V), 35(Ah) 鉛蓄電池의 無負荷端子 電壓이 10(V)까지 내려가도록 放電을 시킨후 다음과 같은 充電試驗을 行하였다.

- (가) 遲延回路 試驗.
- (나) 出力端子 開放試驗.
- (다) 出力端子 短絡試界.
- (라) 出力端子 誤結線試驗.
- (마) 補正充電 試驗.

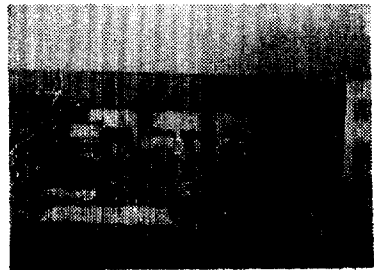


사진 2. 特性 試驗장치

(가)의 경우 앞서도 언급한 바와 같이 平均 45秒 정도의 遲延時間을 얻을 수 있었으나 10秒 前後에서 不完全한 지점이 發生하였다. 그 원인은 最初 負荷電流가 흐를 때 過渡的인 난조로 생각된다. 그러나 應用하기에는 지장이 없는 원하는 遲延特性을 얻을 수 있었다.

(나)의 경우 AC 충전용 전원을 그대로 접속해 놓고 負荷端子를 開放하였다하면서 수십번 반복시험을 행하였었다. 결과는 목적한 대로 無負荷電壓이나 短絡電流는 發生되지 않았다. 또 現場條件을 생각해 Arc용접기 결에서 같은 電源을 使用하면서 똑같은 시험을 행하였어도 電源側 高周波로 인한 SCR 誤점호는 나타나지 않았었다.

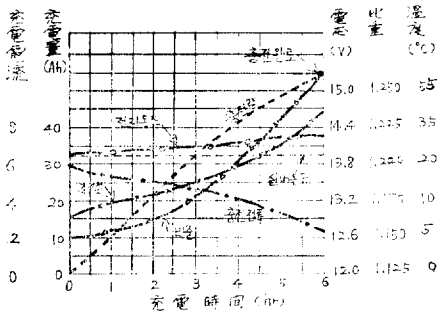


Fig 9. 特性曲線

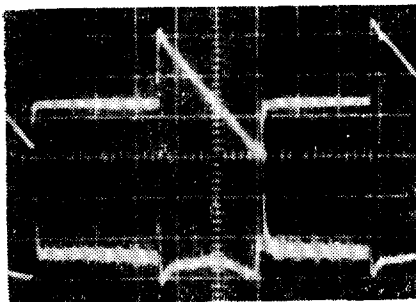


사진 3. 부하전압 및 전류파형

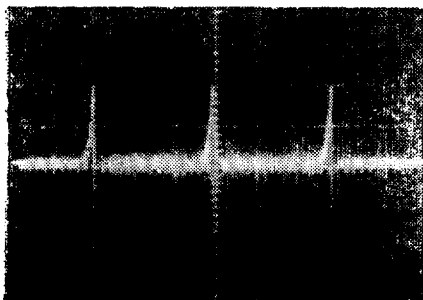


사진 4. Gate Signal 파형

(라)의 경우 단자극성을 바꿔 오결선을 하여도 D_s 와 D_c 가 Battery 殘留起電力의 內部流入을 막고 있어서 R_s 와 C_s 를 통한 미세한 누설 이외는 誤점속으로 인한 장애는 전혀 없었다.

(매)의 경우 15(V) 定電壓을 설정해 놓고 時間에 따른 Battery의 充電電流, 無負荷端子電壓, Battery 용액의 온도 比重, 充電量을 測定한 結果 그림 (9)와 같은 特性曲線을 얻을 수 있었다. 여기서 電壓上昇으로 인한 電流의 垂下特性을 뚜렷이 볼 수 있었다. 그러나 充電完了 지점에서 Trickle 충전으로 옮겨가지 못한게 좀 아쉬웠다. 하지만 再放電시켜 기준 電壓보다 떨어졌을 때는 自動的으로 再起立되어 浮動充電으로 옮겨갈 수 있었다.

特性試驗中 나타난 各部의 波形을 사진 (3) (4)에 나타냈다.

V. 結 論

充電하고자 하는 Battery의 殘留電壓을 利用한 UJT 發振方式과 SCR 充電回路 回路解析 및 特性試驗에서 보인 바와 같이 본래의 장점을 충분히 살리면서 다음과 같은 장점을 더 부가시킬 수 있었다.

(가) Soft start 回路를 첨가시켜 平均 30~50秒의 遲延時間을 얻을 수 있었다.

(나) 同期回路를 별도로 첨가시켜 pulse 信號의 同期를 확실하게 할 수 있었다.

(다) Pulse 增幅回路를 使用하여 SCR의 制御能力을 확실하게 할 수 있었다.

本 充電器는 Trickle 充電을 제외한 初充電 均等充電 浮動充電 補正充電 急速充電等을 自由로 할 수 있었고 小形輕量이고 취급이 간편하여 實用的이라고 본다. 앞으로 여러가지 條件의 現場實驗을 通하여 보다 完全한 製品을 만들고자 한다.

참 고 문 헌

- 1) 編集委員會 “SCR 핸드북” 丸善 Co 1966.
- 2) R. Wechsler “A unique Battery Charger Control Circuit” Motorola Application Note AN-179 Feb 1966.
- 3) G.E. “SCR manual” G.E. Co.
- 4) 小津厚二郎 “SCR” 基礎と 應用 오름社.
- 5) 電子通信學會 “電池と 未來發電”
- 6) 下村 “蓄電池と 併用される SCR 應用裝置” OHM 51.