

## 반도체 스위칭 소자의 트리거 특성을 이용한 배터리 자동 충전회로에 관한 연구

### A study on the auto-charging circuit of the battery power units using trigger characteristics of semiconductor device

김영민, 황종선, 박성진, 임종연, 송승호

(YeongMin Kim, JongSun Hwang, SungJin Park, JongYeon Lim, SeungHo Song)

#### Abstract

Recently, the battery charging technology and reducing technology of harmonics on AC input line are rising importantly according to increasing electrical facilities that it has been replaced battery with emergency power.

In this study, I proposed that an auto-charging circuit of battery has low cost with simple-construction circuit, relative, harmonics reduction with diode tap-change method, high reliability of system for using characteristics of thyristor switching.

In case of this circuit, convenience and reliability of maintenance of battery power units were more improved. I think that it is resulted in effect of prevention to shortening of battery life from over-charging and over-discharging and decrease of harmonics obstacle on AC input line.

**Key Words** : auto-charging circuit of battery, reducing technology of harmonics, thyristor switching

#### 1. 서 론

최근에는 건축설비의 인텔리전트화로 건축전기설비에서 비상용 배터리 충전설비의 사용이 증가되고 있다. 또한 산업현장에서의 시스템 제어용 전원설비나, 대체에너지 분야의 전력저장을 위한 배터리 충전시스템은 소용량부터 대용량까지 그 용용범위가 광범위하며 그 사용이 점차 증가되고 있는 추세이다. 향후 휴대용 전자장치 및 전기자동차 분야의 발전성 및 시장성을 고려할 때 배터리 충전회로의 응용에 대한 가능성은 매우 크다고 할 수 있다.

지금까지의 배터리 충전 회로방식을 사용 반도체 스위칭 소자에 따라 크게 구분하면 다이오드 방식과

사이리스터 방식, 다이오드 및 직류 초퍼방식, SMPS 이용 방식 등이 있다.

다이오드방식의 경우 회로가 간단하고 경제적이거나 전원전압의 변동시 제어가 불가능하며, 배터리 상태에 따른 충전전류 제어가 불가능하다. 사이리스터 방식의 경우 대용량 시스템까지 사용이 가능하며 높은 신뢰성을 갖는다. 다이오드 및 직류초퍼 방식의 경우 비교적 출력변동이 적고 제어방식도 간단한 편이지만 사이리스터 방식보다 신뢰성이 다소 떨어진 다. SMPS방식의 경우 출력 전압을 절연시킬 필요가 있는 소용량 시스템에 주로 사용된다[1].

그러나 이상의 충전시스템들은 공통적으로 사용반도체의 비선형성에 기인하는 고조파를 발생하여 전원측 계통전류에 적지 않은 고조파 성분을 유출한다. 이러한 고조파는 전력계통과 통신계통측에서 각종 장애를 발생하도록 하는 원인이 된다. 지금까지 이들 고조파를 억제하기 위한 대책으로는 크게 두

---

담양대학 초고속정보통신공학부  
(전남 담양군 담양읍 향교리 담양대학  
Fax: 061-380-8466  
E-mail : ymkim@damyang.damyang.ac.kr)

가지 방식이 있는데 첫째는 고조파를 발생원 자체에서 저감시키는 방식이 있고 둘째는 발생원 고조파가 외부로 유출되지 않도록 방지하는 방식이 있다. 고조파를 발생원 자체에서 저감시키는 방법으로는 PWM제어방식과 다펄스화 방식 등이 있고 발생원으로 부터의 유출을 방지하는 방법으로는 능동 필터와 수동필터 등 필터를 이용하는 방식 등이 있다[2].

본 연구에서는 이러한 특성들을 고려하여 비상용 전기설비의 배터리 충전 시스템으로 사용이 용이하고 신뢰성이 우수한 충전 회로 시스템을 소개하고자 한다. 한번 시설된 후에는 사실상의 유지보수가 곤란하거나 소홀한 경우가 많으므로 충전회로의 반도체 스위칭 소자로는 신뢰성이 우수한 사이리스터 방식을 적용하였다. 그리고 최근에 그 중요성이 날로 증가되고 있는 전원측 고조파 저감을 대책을 고려하여 기존의 다이오드 정류회로 방식을 개선한 탭변환 방식을 적용하여 편리하게 전원전류 파형의 왜형을 반 이상으로 감소시킬 수 있는 회로방식을 적용하였다.

## 2. 배터리 충전회로

### 2.1 전체 회로구성

충전회로의 전체적 구성은 그림1과 같다. 입력단에는 교류전압 조정이 가능한 변압기가 연결되어 있고, 이 변압기의 교류 출력전압을 정류하기 위한 다이오드 브리지가 접속되어 있다. 다이오드 브리지의 출력을 그대로 사용할 경우 전원측 전류파형에 상당히 큰 고조파가 함유되어 전원측에 고조파 전류가 유출된다. 따라서 본 연구에서는 간편한 제어 방식의 다이오드 2-탭 변환방식을 적용한 콘버터를 이용하였다. 고조파 저감형 콘버터의 출력은 사이리스터 충전회로에 입력되어 사이리스터 트리거 특성에 따라 배터리를 충전한다.

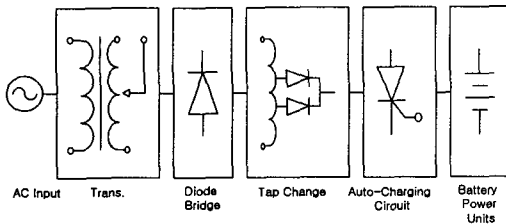


그림 1. 전체 회로 구성도.

### 2.2 콘버터 회로부

다이오드나 사이리스터 또는, IGBT 등 전력용 반

도체 스위칭 소자를 사용하는 콘버터회로에는 정류 동작을 행하는 반도체 스위칭소자의 비선형성으로 인하여 전원측 전류에 상당한 고조파성분을 발생시킨다. 최근 콘버터를 비롯한 전기설비에 포함되는 각종 전력변환장치의 사용 증가로 고조파에 대한 대책이 중요한 문제로 부각되었다. 따라서 본 연구에서는 3상 콘버터에 적용되던 탭 변환 방식을 단상 브리지에 적용하여 전원측 전류의 왜형율을 크게 감소시킬 수 있는 콘버터를 배터리 자동충전 회로의 입력단에 적용하였다.

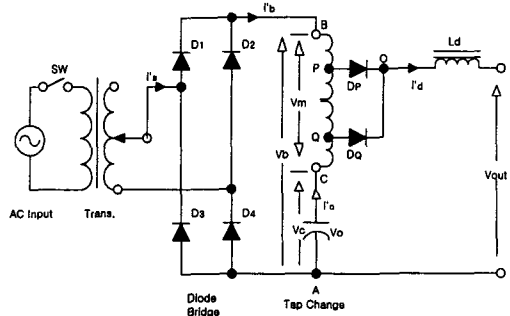


그림 2. 콘버터 회로부.

동작원리를 요약하면 다음과 같다.

$$V_m = V_b - V_c \quad (1)$$

$$[V_m > 0 : V_b > V_c \text{ 구간}, V_m < 0 : V_b < V_c \text{ 구간}]$$

$$i_b + i_c = I_d \quad (2)$$

각 권수비를  $a_1 = \frac{N_{QC}}{N_{BC}}$ ,  $a_2 = \frac{N_{PC}}{N_{BC}}$  라 하면

$$P\text{-ON시: } i_b = a_2 I_d \quad (3)$$

$$i_c = (1 - a_2) I_d$$

$$Q\text{-ON시: } i_b = a_1 I_d \quad (4)$$

$$i_c = (1 - a_1) I_d$$

상간 리액터의 극성 반전각  $\alpha$ 는 다음과 같다.

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{2}{\pi} = 39.54^\circ \quad (5)$$

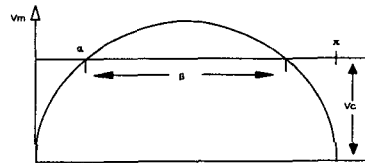


그림 3. 상간 리액터 전압.

상간리액터가 충분히 크다면 콘덴서 충전전류  $i_m$ 은

일정하게 되고, 크기는  $i_c'$ 의 평균치가 된다

$$i_m = \frac{I_d}{\pi} [\pi - [a_1\beta + a_2(\pi - \beta)]] \quad (6)$$

$$i_{s'} = \sum_{n=\text{odd}}^{\infty} \frac{2I_d}{n\pi} [a_1(1 - \cos \frac{\pi - \beta}{2}) + (1 - a_2)(\cos n \frac{\pi - \beta}{2} - \cos n\beta) + A[(1 - \cos n \frac{\pi - \beta}{2}) + (\cos n \frac{\pi - \beta}{2} - \cos n\beta)]] \cdot \sin n\theta \quad (7)$$

$$\text{단, } A = -\frac{1}{\pi} [a_1\beta + a_2(\pi - \beta)]$$

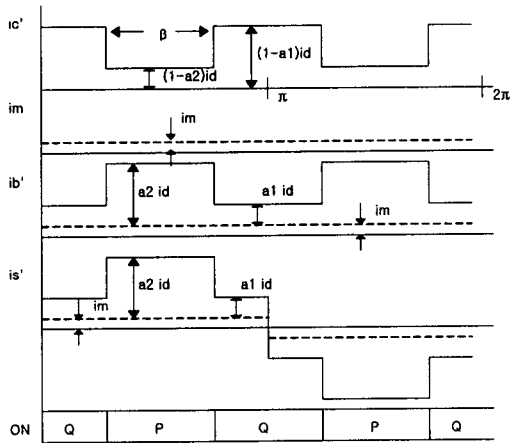


그림 4. 각 전류 파형.

전원전류의 왜형율(Distortion Factor)은 다음 식과 같다.

$$DF = \sqrt{\left(\frac{i_s}{i_{s1}}\right)^2 - 1} \quad (8)$$

단,  $i_s$  : 전원전류 전체 실효치,  $i_{s1}$  : 전원전류의 기본파 성분의 실효치

### 2.3 충전 회로부

이 회로는 사이리스터의 스위칭 특성을 이용하여 간략히 구현할 수 있는 회로로서, 배터리 전압이 일정전압 이하로 낮아지면 충전을 시작하는 충전 스위칭부와 일정 전압으로 충전이 완료되면 충전을 정지시키는 충전 정지 스위칭부로 구성된 자동 충전 회로이다.

회로에서  $R_2 - D_5$ 의 경로를 통하여  $Th_2$ 는 턴

온될 수 있으며 턴 온과 동시에 배터리는 충전되기 시작한다. 이때  $R_4 - Th_2$ 의 경로를 통한 배터리 충전전류가 증가하면  $R_4$ 양단에 걸리는 전압이 상승하여 충전표시 램프  $LD_1$ 에 불이 켜진다.

배터리 충전전류는 배터리의 충전이 완료되어 일정전압이상이면,  $C_1$ 양단 전압이 상승하여  $C_1$ 의 충전전류가 제너다이오드  $ZD_1$ 을 통하여  $Th_1$ 에 인가된다.

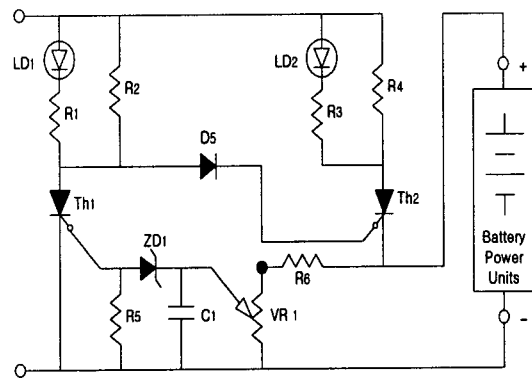


그림 5. 자동충전 회로 구성도.

그러면  $Th_1$ 이 턴 온 되어  $Th_2$ 의 게이트를 트리거 시키던 전류가  $Th_1$ 을 통하여 접지 되기 때문에  $Th_2$ 는 배터리 충전동작을 멈추게 된다.

이때  $R_2 - Th_1$ 의 경로를 통한 접지 전류의 증가로 인하여  $Th_2$ 는 턴 오프 되고  $R_2$ 양단에 걸리는 전압이 상승하여 충전정지 표시 램프  $LD_2$ 에 불이 켜진다.

$R_4$ 는  $Th_2$ 가 턴 온 되어 충전시작시 돌입전류 방지를 위한 역할을 하며,  $VR_1$ 은 배터리 충전 정지 시점을 조절하는 역할을 한다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 컨버터 회로부

$a_2$ 가 1.0으로 일정할 때 계산을 통한 왜형율이 최소가 되도록 하는  $a_1$ 의 값은 0.15가 된다.

간단한 회로 구성에도 불구하고 상간리액터 권수비  $a_1$ 이 0일 때 DF는 47%지만  $a_1$ 이 0.15일 때는 DF값은 22%로 반 이상 감소하였다.

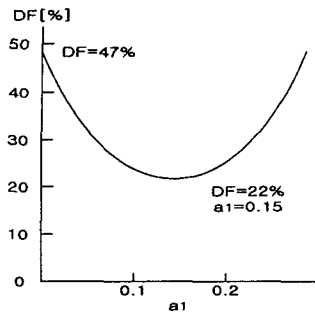
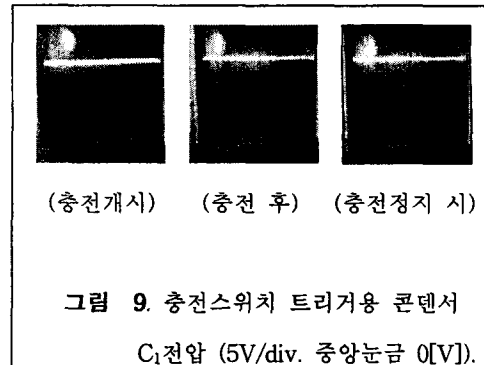
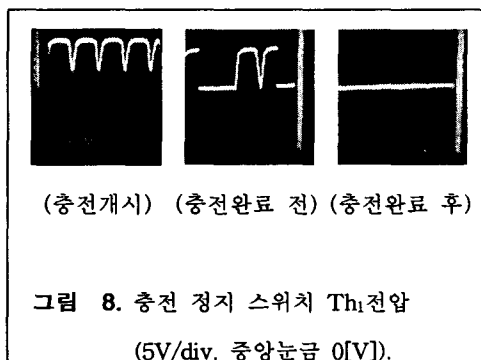
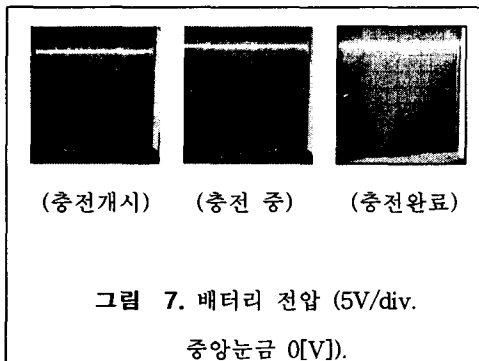


그림 6. 최적 권수비에 따른 왜형을

### 3.2 충전 회로부

반도체 스위칭 소자의 하나인 사이리스터의 턴 온, 턴 오프 특성을 이용하여 배터리의 충·방전 상태에 따른 충전 스위칭 부와 충전 정지 스위칭부의 동작특성을 실험한 결과는 다음과 같다.



### 4. 결론

비교적 간편한 회로 방식을 이용하여 다이오드 탭 변환방식을 이용한 전원전류의 고조파 저감은 물론 사이리스터 스위칭 특성을 이용하여 높은 신뢰성을 갖는 배터리 자동 충전 회로를 구성하였다.

자동 충, 방전 제어로 배터리의 과 충전 및 과 방전으로 인한 배터리 수명의 단축방지 효과와 전원측의 고조파로 인한 장애 감소효과 등으로 배터리 전원설비의 유지보수의 편리성과 신뢰성 증가가 기대된다.

### 참고 문헌

- [1] 송의호, "3상 Thyristor Semi-Bridge Converter를 이용한 Battery 충전기 설계", 창원대학교 산업기술연구소논문지, 제11집, pp329-335, 1997.
- [2] S.Miyairi et al, "A New Method of Reducing Harmonics in Input AC Line Currents of Thyristor Rectifier Circuit", IPEC-Tokyo'83, Vol.2, pp.993-1004, Mar.,1983.
- [3] 菅谷光雄·中村征壽, 'パルス 回路', 오ム社, pp.2-193, 1987.
- [4] Michael S. Adler, "The Evolution of Power Device Technology", IEEE Transaction on Electron device, Vol. ED-31, No.11, pp127-148, November, 1984.
- [5] David M.Xu et al, "A Novel Single-Phase Active-Clamped PFC Converter", pp266-271, APEC'98.