

승강기의 비상 통화장치용 비상 전원장치의 충·방전 제어회로

(Control Scheme of Emergency Power Supply for Elevator Emergency Call System)

박노식* · 이동희**

(Noh-Sik Park · Dong-Hee Lee)

Abstract

In this paper, battery charging and discharging circuit with a single voltage power supply is proposed. The proposed circuit has the separated current path and charging-monitoring sequence control scheme. In the charging sequence, the proposed 2-level comparator combined with control signal of the micro-processor can control the constant charging current to protect the over current of the battery. Furthermore, the proposed circuit uses a periodic main power switch control to detect the discharging characteristics to estimate the approximated battery life-time.

In the experiments, the proposed emergency power supply for emergency call system has 89% efficiency with 98% power factor. And the proposed sequence control scheme is well operated in the designed emergency power system.

Key Words : Emergency Power Supply, Emergency Call, Battery Charger, SOC Monitoring

1. 서 론

승강기 등에서는 승강기 내부와 승강기를 관리하는 관리실 등과 통화할 수 있는 통화장치가 사용되고 있으며, 이러한 통화장치는 건물이 정전상태가 되어 승강기가 정지되어야 정상적으로 동작하여야 한다[1]. 비상통화장치에 전력을 공급하기 위한 전원장치는 비상전원장치로 정상상태에서는 통화장치에 전력을 공

급하고, 정전상태에서는 내장된 배터리에서 통화장치로 전력을 공급하여 일정시간동안 사용자가 외부로 통화가 이루어지도록 하여, 승강기 내부의 상황이 외부로 모니터링될 수 있도록 한다[1].

일반적으로 사용되고 있는 비상전원은 SMPS (Switched Mode Power Supply)와 배터리 충전회로 및 배터리로 구성되고 있으며, 통화장치에서 소비되는 전류는 비교적 낮은 400mA 이하이므로, 작은 용량의 배터리가 사용되고 있다. 비상통화장치에 공급되는 전원은 24~28V의 전압을 사용하고 있고, 배터리의 충전은 28~32V의 충전전원을 사용하여 배터리의 충전상태에 따라서 정전류 충전과 정전압 충전모드로 충전을 하게 되므로, 비교적 복잡한 전원장치로 구성된다. 특히 배터리의 충전제어 방식에 따라 정전압 전

* Main author : CEO, Sewoong Tech.
elcpark@paran.com

** Corresponding author : Dept. of Mechatronics
Engineering, Kyungsung University
Tel : 051-663-4693, Fax : 051-626-4773
E-mail : leedh@ks.ac.kr

Received : 2015. 5. 15

Accepted : 2015. 7. 15

원과 가변전압 전원을 설계해야 하는 복잡성이 있다. 특히 배터리 충전용 전원은 출력전류를 제한하여 배터리에 과전류 충전이 발생하지 않도록 제어해야 하며, 과전류 충전으로 인하여 배터리의 수명이 단축되는 것을 방지해야 한다[2-5]. 또한 배터리의 정확한 충전 및 방전 제어를 위해서 배터리의 충전용량과 배터리의 충전전압을 정밀하게 검출하기 위한 연구가 매우 중요하다[6-10].

본 논문에서는 비상전원 장치에서 단일전원으로 통화장치에 전력을 공급하면서 배터리에 충전을 하도록 하는 단일 전원을 가지는 비상통화장치용 전원장치를 제안한다. 제안된 비상전원장치는 PFC(Power Factor Controller)가 포함된 LLC 방식의 SMPS(Switched Mode Power Supply)로 단일 출력 28V의 전원으로 비상통화장치에 전력을 공급하며, 이와 동시에 배터리를 충전하는 회로를 포함하고 있다. 배터리의 방전 경로는 충전경로와 별도의 회로로 설계되며, 충전상태에서 배터리의 과전류 충전과 전원의 전압 변동을 억제하기 위한 2단의 비교기 회로를 통해서 설정된 전류로 배터리가 안정적으로 충전이 가능한 회로를 제안하고 있다. 제안된 충전 및 방전회로는 2단 비교회로가 충전량과 방전량이 모니터링될 수 있도록 충전 및 모니터링 시퀀스(monitoring sequence) 제어 방식을 제안하여 적용되고 있다. 제안된 충전방전 제어방식은 마이크로프로세서에서는 충전 및 모니터링 시퀀스 제어 신호를 발생하고, 충전 스위치의 신호는 충전 시퀀스(sequence) 신호에서 시작하여 2단 비교기에서 턴-오프되며, 턴-오프 시점에서는 충전시간이 자동적으로 프로세서에서 충전량이 연산되는 방식이다. 또한 기존의 방전회로와 달리 SMPS에서 부하에 전력을 전달하는 주 제어 스위치를 사용하여 주기적으로 배터리를 방전함으로써, 배터리의 방전특성으로부터 근사적인 배터리 수명이 예측되어 모니터링될 수 있도록 설계하였다.

제안된 비상전원 장치를 검증하기 위하여 1200mAh의 정격용량을 가지는 배터리를 사용하고, 28V 정격 출력을 가지는 150W급의 비상전원장치를 설계하고, 부하 시험 및 배터리 충전방전 실험을 통해 그 유효성을 검증하였다.

2. 일반적인 비상통화장치용 비상전원

그림 1은 일반적인 승강기 내에 구비된 비상통화 장치와 비상통화 전원장치의 구성을 나타내고 있다. 그림 1에서 승강기 내의 비상통화장치는 비상통화용 전원장치로부터 전력을 공급받고, 전원장치는 별도의 배터리를 가지고 있다. 통화장치는 건물내의 중앙관리실, 경비실 및 기계실과 직접 통화가 가능하도록 내선으로 연결되고, 국선을 통해 건물 외부의 승강기 유지 보수 업체 및 경찰서와 관공서 등으로 연결될 수 있다 [1]. 정전사태 등으로 인하여 상용전원이 차단되고, 승강기가 정지하였을 경우에 비상통화장치는 배터리로부터 전력을 공급받아서 승강기 내부의 상황을 외부로 알려주게 되며, 최근에는 정전상황에서 자동으로 상황을 모니터링하는 시스템도 개발되고 있다[1].

실제로 통화장치에서 사용되는 소비 전력은 통화장치에 따라 다소 차이가 나기는 하지만, 100mA~300mA 이내이며, LED 조명 및 기타 장치를 포함하여 400mA를 넘지 않는다. 따라서 2시간 이상의 정전에 대비하기 위해 800mAh 이상의 정격의 배터리를 사용하여 상시 충전상태를 유지하도록 하고 있다.

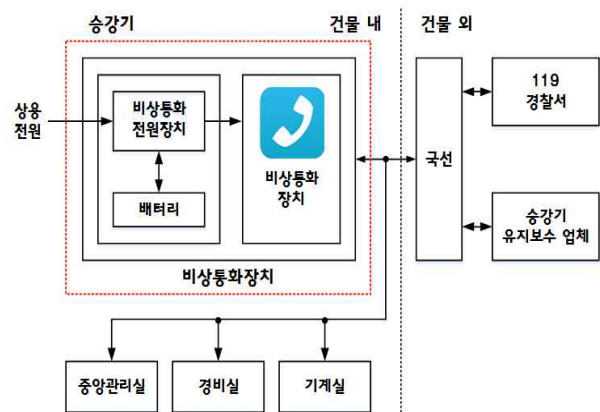


Fig. 1. Emergency power for a conventional emergency call system

그림 1의 일반적인 비상통화장치용 비상전원에서는 통화품질의 안정성은 전원의 전력 품질에 매우 의존적이며, 일반적으로 $\pm 2\%$ 이하의 전압리플 이하로 설계되고 있다. 또한 순간 정전상태에서 최대 부하의 변

동에도 안정적으로 동작하여야 한다. 비상통화장치용 비상전원은 특히 정전상태에서 비상통화장치가 가동될 수 있는 시간을 사용자가 충분히 알 수 있도록 배터리의 상태가 연속적으로 모니터링될 수 있어야 하며, 배터리의 수명에 따라 배터리 교체시기가 예측될 수 있도록 설계되어야 한다. 하지만 일반적인 비상전원의 경우 정출력이 가능한 SMPS로 사용되고 있는 문제점이 있다.

3. 제안된 비상전원의 설계 및 제어

3.1 비상전원장치용 SMPS의 설계

본 논문에서는 비상통화장치의 비상전원이 정전상태에서 안정적인 전원공급과 모니터링 및 배터리의 수명 예측이 가능한 충방전 제어회로를 제안한다. 제안된 충방전 제어회로에서, 비상전원을 위한 SMPS(Switched Mode Power Supply)를 설계하였다. 배터리의 충전을 위한 전원회로는 다양하게 연구되었으며, 배터리의 충전 특성에 따라 회로가 설계되고 있다[2-5]. 본 논문에서는 12V - 1200mAh의 용량을 가진 배터리 2개를 직렬로 하여 24V 충전이 가능하도록 하였으며, 전원의 출력은 28V 정전압이 출력되도록 설계하였다. 본 논문에서는 정전압의 출력을 위한 SMPS(Switched Mode Power Supply)는 PFC(Power Factor Control) 기능이 포함된 LLC 파워 컨버터로 설계하였다. 그림 2는 본 논문에서 적용한 PFC 회로를 포함한 LLC 방식의 파워 컨버터를 나타내고 있다.

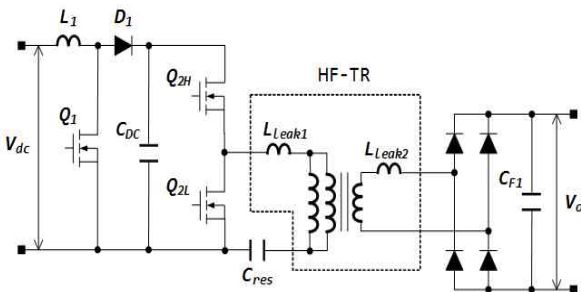


Fig. 2. LLC SMPS circuit including PFC circuit

그림 2에서 L_1 , D_1 및 Q_1 은 입력단의 역률을 개선하기 위한 PFC 회로로 사용되고 있으며, 입력전압은 220Vac에서 역률이 95% 이상되도록 설계하고 있다. 파워 컨버터 회로에서 출력은 28V - 5A의 정격출력을 가지며, 여유마진을 고려하여 150W급으로 설계하였다. 입력단의 다이오드는 220V 상용 교류의 입력범위를 고려하여 600V - 3A로 설계하였으며, 직류단 커패시터 C_{DC} 는 충방전 시간동안 변동되는 전력 에너지와 최대 입력전압 및 최소 입력전압을 고려하여 150 μ F 이상으로 다음과 같이 설계되었다.

$$C_{DC} \geq \frac{2 \cdot \Delta P_{IN}}{V_{dmax}^2 - V_{dmin}^2} \quad (1)$$

이때 ΔP_{IN} 은 충방전 시간동안 변동되는 전력 에너지를 의미한다. PFC 회로에서 인덕터 L_1 은 단면적이 196mm²인 PQ3535 코어(core)로 설계하였고, 387 μ H의 인덕턴스를 가지도록 설계하였다.

또한 SMPS를 구성하는 LLC 파워 컨버터의 공진 주파수는 100kHz로 하여 변압기의 코어는 EER4445로 하고, 코어의 단면적은 173mm²이며, 1차측과 2차측의 턴수비는 32 : 3 턴으로 설계하였다. 변압기 1차측 인덕턴스는 450 μ H이고, 공진을 위한 누설인덕턴스 L_{leak1} 은 110 μ H로 설계하였다.

3.2 제안된 배터리 충방전 제어회로

그림 3은 비상전원장치의 배터리 충방전 제어를 위해 제안된 충방전 회로를 나타내고 있다.

그림 3에서 Q_M 은 주 전력(main power) 스위치로 SMPS의 출력전압을 부하에 공급하거나, 배터리에 충전하기 위한 주 스위치로 동작하며, Q_{chg} 와 D_{chg} 는 배터리의 충전회로를 나타내고, Q_{dis} 및 D_{dis} 는 배터리의 방전회로를 나타낸다. 일반적인 배터리 충방전 회로에서 주 스위치인 Q_M 은 사용되지 않으나, 제안된 방식에서 배터리의 수명 예측을 위해서 방전특성을 주기적으로 점검할 필요가 있다. 이때 상용전원이 정상상태라 하더라도, 주 스위치 Q_M 을 차단하여 배터리로부터 방전회로를 거쳐 부하에 전력을 공급하면서, 배

터리의 방전 특성을 점검하여 배터리의 상태를 예측하게 된다.

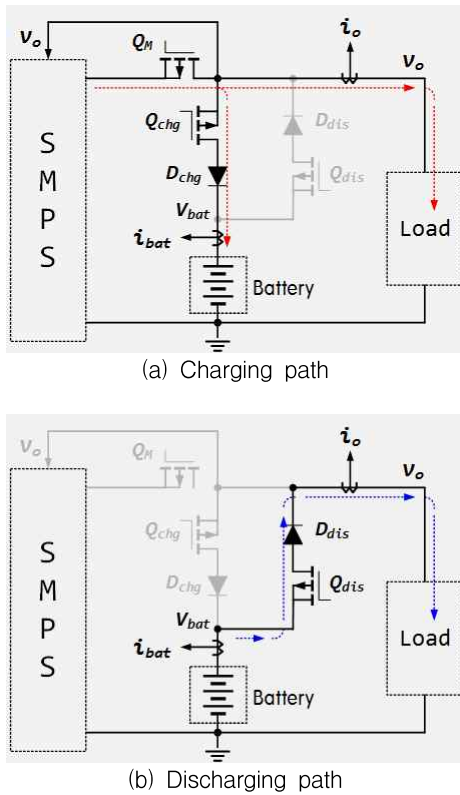


Fig. 3. Charging and discharging path of the proposed circuit

본 논문에서 설계된 LLC 파워 컨버터의 출력전압의 궤환은 주 스위치 Q_M 에서의 전압강하를 고려하여, 주 스위치를 지난 출력단의 전압을 검출하여 비상통화장치에 안정적인 28V 전압을 공급할 수 있도록 하였다. LLC 파워 컨버터는 배터리 충전과 동시에 부하에 전력을 공급하도록 하고 있으며, 방전회로는 상용전원이 정전일 경우와 배터리의 방전특성을 점검하기 위한 경우에만 동작하여 사용하게 된다. 실제 전원이 정상인 경우에는 주 스위치 Q_M 을 차단하지 않으면, 배터리 전압 V_{bat} 에 비하여 출력전압 V_o 가 높기 때문에 방전회로를 턴-온하여도 배터리로부터 방전이 일어나지 않는다.

배터리의 충전은 배터리 전압이 낮을 때, 상시적으로 충전을 하게 되지만, 충전 상태에서 배터리의 전압

은 출력전압에 대하여 충전 스위치 Q_{chg} 와 다이오드 D_{chg} 의 전압강하를 제외한 전압과 동일하게 되며, 이 때는 배터리의 정상상태 전압이 아니라 전원의 충전 전압에 해당한다.

$$V_{bat} = V_o - V_Q(i_{bat}) - V_D(i_{bat}) \quad (2)$$

단 $V_Q(i_{bat})$ 및 $V_D(i_{bat})$ 는 충전 스위치 Q_{chg} 와 다이오드 D_{chg} 의 전압강하로 배터리 충전전류의 함수로 표현된다.

따라서 배터리의 정상상태 전압을 모니터링하기 위해서는 배터리가 충전상태가 아닌 상태에서 전압을 검출하여야 하며, 이를 위해 충전 및 모니터링 시퀀스 제어가 필요하게 된다. 특히 배터리의 방전상태에 따라 충전전류는 매우 높은 전류로 충전될 수 있으며, 이로 인하여 배터리의 수명이 단축되거나, 충전회로의 소자들이 소손될 수 있으므로, 이를 위해 별도의 제안된 회로를 사용하여 충전 및 모니터링 모드와 연동하여 배터리 충전과 충전량 및 배터리 전압이 모니터링 될 수 있도록 설계하였다.

그림 4는 본 논문에서 제안된 충전전류 제어 및 충전과 모니터링 시퀀스를 나타내고 있다. 그림 4 (a)와 4 (b)에서 제어기의 프로세서에서 발생하는 Q_{CON} 신호는 전체 4개의 샘플링(sampling) 구간 중에서 하나의 충전구간과 3개의 모니터링 구간으로 한 사이클을 이루도록 설계되어 있으며, 충전 구간에서 Q_{CON} 신호가 턴-온(turn-on)되어 충전상태를 알려준다.

Q_{CON} 신호는 충전 스위치 Q_{chg} 를 턴-온 시키는 신호로 동작하게 된다. 하지만 샘플링 구간동안 충전 스위치 Q_{chg} 가 턴-온이 되면, 충전전류를 제어할 수 없고, 배터리의 상태에 따라서 과도한 충전전류가 흐르게 되므로, 이를 일정한 전류로 충전하기 위한 충전전류 제어회로가 필요하다.

그림 4 (a)의 회로에서 충전 전류는 I_{SET} 으로 고정되고, 배터리의 충전전류 i_{bat} 가 설정된 전류값 I_{SET} 가 비교하여 이 값 이상으로 상승하게 되면, Q_{CON} 신호에 의해 턴-온된 충전 스위치를 강제로 턴-오프 시키게 되므로 충전 전류는 설정 전류 이내에서 안정적으로 충전이 이루어지게 된다. 또한 충전회로 등의 소손 등

으로 인하여 과전류가 발생하는 경우 과전류 검출 기준 I_{MAX} 와 비교하여 충전 신호를 강제로 턴-오프 시키며, 과전류 검출 신호 /OCR을 마이크로프로세서로 발생하여 인터럽터로 처리하도록 하고 있다. 또한 충전량 모니터링을 위한 턴-온 시점에서 마이크로프로세서의 타이머가 동작하고, 턴-오프 시점에서 검출하여 충전시간 t_{chg} 를 계산한다. 그림 4 (b)에서 충전전류는 마이크로프로세서에서 발생하고 있는 충전 시퀀스 Q_{CON} 에서 충전이 시작되고, 충전전류가 설정전류와 비교되는 시점에서 턴-오프되고 있다. 한편 모니터링 구간에서는 배터리의 충전 전압을 상시적으로 모니터링하기 위한 구간으로, 충전이 되지 않는 상태에서 안정적으로 배터리의 전압을 검출하여 배터리의 충전용

량(SOC, State of Charge)를 계산하여 배터리의 상태를 모니터링할 수 있도록 구현된다. 충전 및 모니터링 시퀀스에서는 주 스위치 Q_M 은 턴-온되어 부하 및 배터리에 전력을 공급한다.

실제 충전이 일어나는 시간 t_{chg} 는 충전량 연산에서 t_{chg} 가 샘플링 시간보다 작은 경우에는 설정 전류로 충전량을 연산하고, t_{chg} 가 샘플링 시간과 같은 경우에는 검출된 충전전류로 충전량을 계산하도록 하여 효율적인 충전량 적분이 이루어지도록 하고 있다.

$$Q_{chg} = \int i_{chg} \cdot t_{chg} \quad (3)$$

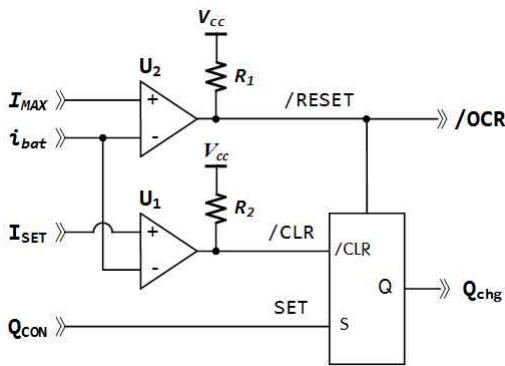
$$i_{chg} = I_{SET} \text{ at } t_{chg} < T_s, \quad i_{chg} = i_{bat} \text{ at } t_{chg} = T_s$$

3.3 제안된 배터리 잔존용량(SOC) 예측 및 수명예측을 위한 방전특성 해석

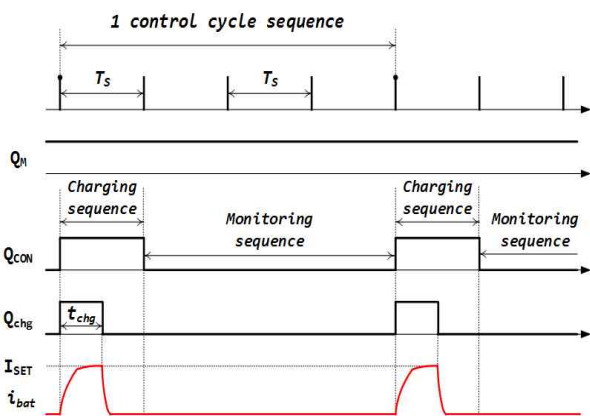
배터리의 충전은 충전과 모니터링 시퀀스에서 자동으로 이루어지고 있으나, 상용전원이 차단되었을 경우에는 배터리로부터 부하에 전력을 공급하여야 하며, 이때 배터리의 잔존용량(SOC, State of Charge)은 배터리의 사용시간을 알 수 있는 중요한 요소이므로 반드시 모니터링되어야 한다. 본 연구에서 적용한 배터리 잔존용량 예측 방식은 배터리의 개방전압으로부터 내부 저항과 방전전류를 연산하여 전압에 대한 용량 그래프로부터 잔존용량을 계산한다. 이때 전압에 대한 배터리 잔존용량의 함수 $f(V_{ocs})$ 는 마이크로프로세서에서 그림 5에서 보이는 바와 같이 룩-업 테이블(Look-up table)로 1V 단위로 메모리로 저장된다. 특히 배터리의 용량특성은 온도에 따라 변동하게 되므로, 20°C 단계로 5개의 룩-업 테이블이 사용된다. 온도는 온도센서(DZ35)로 검출된 온도를 통해 전압과 온도 모두를 3-D 데이터 보간법[11]을 사용하여 잔존용량을 계산하였다.

$$\widehat{Q}_{bat} = f(V_{ocs}, T_{sen}) \quad (4)$$

$$V_{ocs} = V_{bat} - i_{bat} \cdot \widehat{r}_{bat} \quad (5)$$



(a) The proposed charging current control signal circuit



(b) The proposed charging and monitoring signal sequence

Fig. 4. The proposed charging current control circuit and monitoring sequence

단 \widehat{r}_{bat} 은 배터리 내부의 등가저항 Ω , T_{sen} 은 배터리 온도 $^{\circ}\text{C}$ 를 나타낸다.

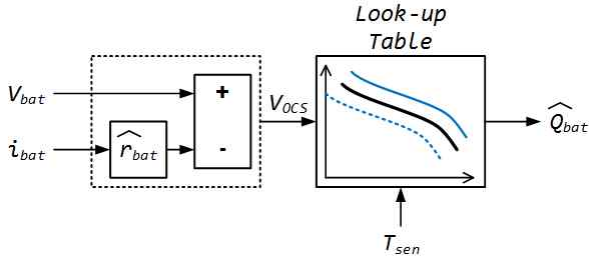


Fig. 5. Block diagram of the battery SOC(state of charge) estimation

본 논문에서 배터리의 수명은 배터리의 방전 특성으로부터 예측하도록 하였다. 실제 배터리의 정밀한 수명의 예측은 매우 어려우나, 배터리의 잔존용량과 방전특성을 통해 근사적으로 배터리의 수명을 예측할 수 있다. 이를 위해서 본 논문에서는 정상상태에서도 주기적으로 배터리의 방전특성을 검출하기 위해 그림 2의 충방전 회로에서 주 스위치를 차단하여 배터리로부터 전력을 공급하여 방전특성을 검사하며, 방전상태에서 배터리로부터 방전되는 방전용량은 다음과 같이 계산된다.

$$Q_{bat(k)} = Q_{bat(k-1)} + \Delta Q_{bat(k)} \quad (6)$$

$$= Q_{bat(k-1)} + i_{bat(k)} \cdot T_s$$

이때 배터리의 전류는 방전상태로 음의 전류값이 되고, T_s 는 샘플링 주기로 본 논문에서는 $200\mu\text{s}$ 이다. 충전 및 모니터링 상태에서 예측된 배터리 용량 \widehat{Q}_{bat} 는 방전모드에서 초기 배터리 용량으로 사용되고, 이후에는 배터리의 방전전류와 시간의 연산으로 배터리의 잔존용량이 계산된다. 식 (6)으로 연산되는 방전모드에서의 배터리 잔존용량은 순수하게 방전전류의 누적분으로 연산되고, 이는 주 스위치 Q_M 이 차단된 상태이므로 방전전류는 연속적으로 부하로 공급되므로, 제어주기인 샘플링 시간의 곱으로 연속적인 잔존용량을 계산할 수 있다.

한편 그림 6에서 배터리가 방전되면서 배터리의 전

압은 방전 상태에 따라 서서히 감소하게 되며, 배터리의 전압과 배터리 전류에 의해 식 (4)와 식 (5)에 의해 배터리의 잔존용량이 예측될 수 있다.

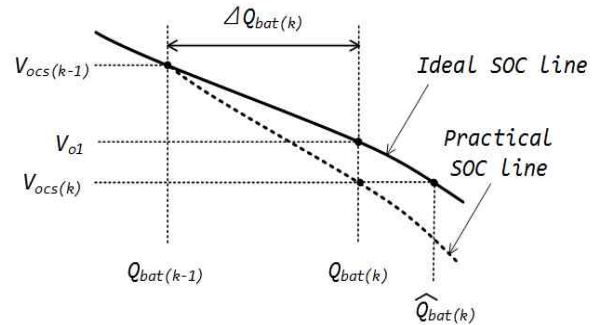


Fig. 6. Battery SOC error and voltage error

이상적인 경우에는 방전모드에서 식 (6)으로 계산되는 배터리의 잔존용량 $Q_{bat(k)}$ 과 식 (4)로 예측되는 배터리의 잔존용량 $\widehat{Q}_{bat(k)}$ 는 동일해야 하지만, 배터리의 수명이 감소하여 배터리의 용량이 변동되는 경우에는 같지 않게 된다.

그림 6의 배터리 방전 특성 곡선에서 실선은 이상적인 배터리 상태를 나타내고 있으며, 이전의 배터리 용량 $Q_{bat(k-1)}$ 에서 샘플링 시간동안 방전이 일어나서 $\Delta Q_{bat(k)}$ 만큼의 방전이 발생하게 되고, 이로 인해 식 (6)으로 배터리의 용량 $Q_{bat(k)}$ 가 계산된다. 또한 배터리의 방전에 의해 실제 배터리의 전압은 감소하게 되고, 감소된 배터리 전압 $V_{bat(k)}$ 에 의해 배터리 내부의 개방회로 전압 $V_{ocs(k)}$ 가 식 (5)로 예측될 수 있으며, 이 개방회로 전압 $V_{ocs(k)}$ 로 배터리의 예측용량 $\widehat{Q}_{bat(k)}$ 가 식 (4)로 예측된다. 이상적인 경우에는 동일한 방전이 발생하였으므로, V_{o1} 과 $V_{ocs(k)}$ 가 동일해야 하지만, 실제 배터리의 수명이 감소하여 배터리의 용량이 감소하게 되면, 동일한 방전에 의해서도 점선의 실제 SOC 특성처럼 빠르게 전압이 감소하게 된다. 따라서 두 배터리의 용량 $Q_{bat(k)}$ 와 $\widehat{Q}_{bat(k)}$ 의 차이로 근사적으로 배터리의 수명을 예측할 수 있으며, 배터리의 용량이 실제 용량보다 50% 이상 차이가 나서 실제 용량이 1시간의 통화부하를 견디지 못하게 되는 경우에는 배터리 교체 신호를 발생하도록 하였다. 이때 배터리의

용량 오차율은 다음과 같이 계산하였다.

$$e_Q = \frac{Q_{bat(k)} - \widehat{Q}_{bat(k)}}{Q_{bat(k)}} \cdot 100 [\%] \quad (7)$$

이때 용량 오차율이 0%이면, 배터리의 수명이 2.5년으로 하고, 50%가 되면 배터리의 수명이 0으로 되는 선형함수로 배터리의 근사적인 수명을 예측하여 모니터링하도록 설계하였다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안된 배터리 충방전 회로 및 충전 모니터링 시스템의 특성을 검증하기 위하여 회로를 구성하고 실험을 수행하였다. 배터리 충방전 제어회로는 Microchip사의 16비트 프로세서인 PIC24FV32KA304로 설계하였는데, 이는 16비트 프로세서중에서 고속 12비트 ADC(Analog to Digital Converter) 모듈을 내장하고 있기 때문이다. 프로세서의 동작전원은 SMPS 및 배터리에서 병렬로 다이오드를 통해 공급되기 때문에 상용전원의 차단 상태에서도 연속적으로 전원 공급이 가능하도록 설계되어 있으며, 상용전원의 차단은 출력전압 및 상용전원의 주파수를 외부 인터럽터로 모니터링하여, 정상 주파수의 25% 이상의 차이에 대해서 상용전원이 차단되었다고 감지하게 된다.

배터리 충방전 회로는 10A 이상의 정격을 가진 MURF1060 다이오드와 IRF9540N의 P-채널 MOSFET로 구성하였다. 배터리의 충방전 전류는 칩형 전류센서 ACS714LLCTR-05AT로 검출하며, 제안된 2단 비교회로를 통한 충전전류의 제어는 2개의 LM2903 비교기와 PIC24FV32KA304의 캡처 인터럽터(Capture Interrupt)를 사용하여 구현하였다.

그림 7은 본 연구에서 제작된 제어기의 실제 모양을 나타내고 있으며, 부하는 저항부하로 대체하여 실험을 수행하였다. 그림 7에서 설계된 충방전 제어기는 SMPS의 출력전압 뿐만 아니라, 상용전원의 주파수를 같이 검출하여 상용전원의 정전상태 등이 검출될 수 있도록 설계되었다.

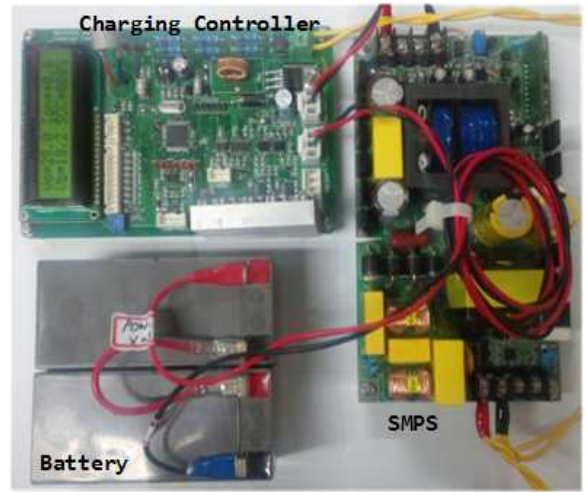


Fig. 7. Photo of the experimental configuration

실험의 수행은 성능인증시험기관에서 이루어졌으며, 전력분석기는 요코가와사의 WT-3000으로 효율 등이 측정되었고, 실험의 과형은 요코가와사의 DL-850으로 측정되었다. 실험실의 평균온도는 25℃에서 실험이 이루어졌으며, 배터리는 ES1.2-12 2개를 직렬로 연결하여 사용하였다.

그림 8은 제안된 충전 및 모니터링 시퀀스 제어 방식의 실험 결과를 보이고 있다. 제안된 방식에서 샘플링 주기는 200μs로 설계되었으며, 1번의 충전 주기와 3번의 모니터링 주기가 한 제어 사이클(cycle)을 구성한다. 각 사이클의 신호는 마이크로프로세서의 QCON 신호에서 시작되고, 충전 주기에서 충전제어 신호인 Qchg가 턴-온되며, 충전전류가 양의 값으로 충전이 된다. 이때 충전전류는 설정된 전류 이상이 되면, 충전주기 내에서도 충전 스위치를 턴-오프 시켜서 과전류가 발생하는 것을 억제하고 있다.

그림 9는 부하 변동의 특성에 대한 실험 결과를 나타내고 있다. 부하는 일반적으로 사용되고 있는 통화 장치의 약 3배 정도에 해당하는 1.2A의 저항 부하에 대하여 실험을 수행하였으며, 급격한 부하 변동에 대해서 설계된 전원장치는 안정하게 동작하고 있음을 보이고 있다.

그림 10과 그림 11은 정전상태 실험과 배터리의 수명예측을 위한 방전특성 실험 결과를 나타내고 있다. 그림 10에서 상용 교류전원의 입력이 차단되면,

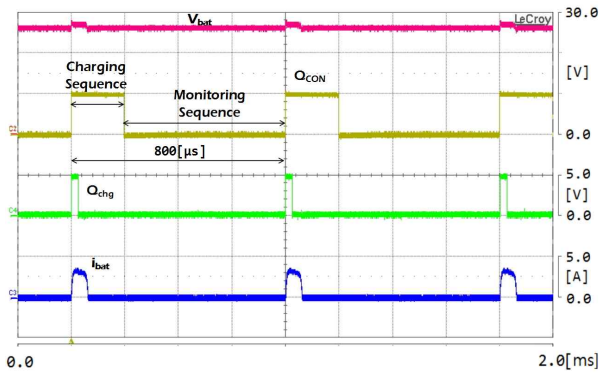


Fig. 8. Experimental result of the charging and monitoring sequence

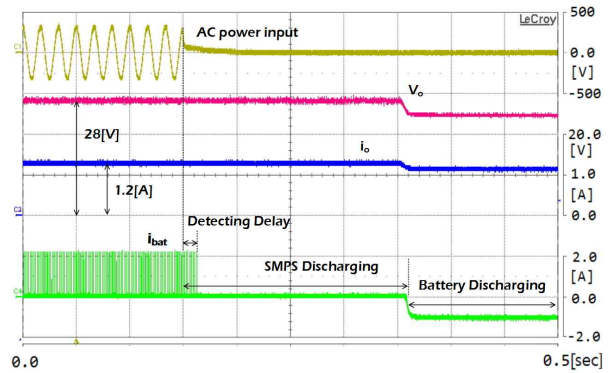


Fig. 10. Experimental result of the blackout

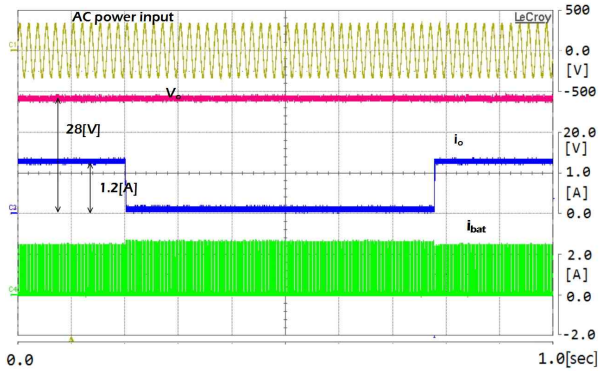


Fig. 9. Experimental result of load variation

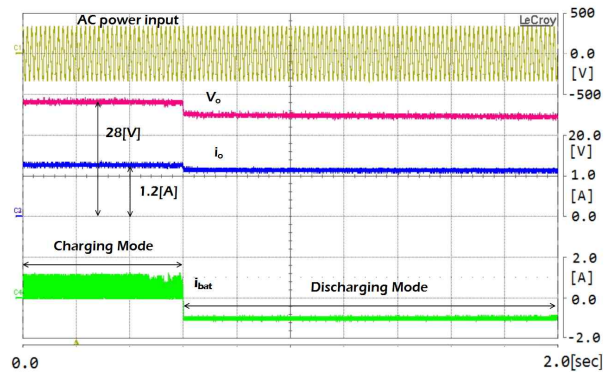


Fig. 11. Experimental result of discharging

주파수 검출 지연으로 약 12ms 지연 후에 충전 및 모니터링 모드가 종료되고, SMPS의 출력단 커패시터가 방전되고 난 후, 배터리의 방전 모드로 전환되고 있다. 이때 부하로 공급되는 출력전압과 부하전류는 정전상태에 대해서도 안정적으로 전력이 공급되고 있음을 보이고 있으며, 그림 11의 방전모드에서 부하전류가 안정적으로 공급되고 있음을 보이고 있다.

그림 12는 설계된 전원장치의 효율을 나타내고 있다. 전체 시스템의 효율은 부하전류가 5A인 경우에 최대 효율인 89%를 나타내고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 단일전원으로 배터리의 충전 및 부하

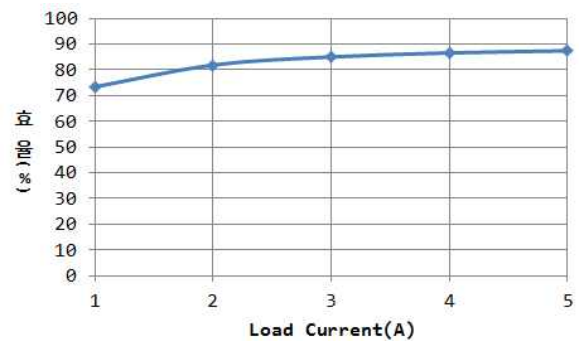


Fig. 12. Efficiency of the system

전류를 공급하도록 설계된 비상전원장치에서, 배터리의 안정적인 충전과 배터리 상태 모니터링이 가능한 충방전 제어 방식과 회로를 제안하였다. 제안된 방식에서 충전 및 방전경로는 완전히 분리되어 있으며, SMPS와 부하의 연결에도 방전특성 모니터링을 위해 주 제어 스위치로 연결하도록 하였다. 16비트 마이크

로 프로세서의 충방전 제어 시퀀스 신호와 연동하여 안정적인 배터리의 충전제어가 가능한 2-레벨 비교기로 충전전류를 제한하고, 주기적으로 주 제어 스위치를 차단하여 배터리의 방전특성을 모니터링하여, 배터리의 근사적인 수명예측이 가능하도록 설계하였다.

제안된 시스템은 실제 부하 시험에서 운전효율 89%로 안정적인 배터리의 충방전 및 배터리 모니터링이 가능함을 보이고 있다.

References

- [1] S. JongTae, "An Emergency Power Supply System Wherein An Elevator System", Korea Patent, 10-0990462, 2010.
- [2] S. Yarlagadda, T. T. Hartley, I. Husain, "A Battery Management System Using an Active Charge Equalization Technique Based on a DC/DC Converter Topology", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 49, No. 6, pp. 2720-2729, 2013.
- [3] J. Jiang, C. Zhang, J. Wen, W. Zhang, S. M. Sharkh, "An Optimal Charging Method for Li-Ion Batteries Using a Fuzzy-Control Approach Based on Polarization Properties", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 62, No. 7, pp. 3000-3009, 2013.
- [4] Y. C. Chuang, Y. L. Ke, H. S. Chuang, S. Y. Chang, "Battery Float Charge Technique Using Parallel-Loaded Resonant Converter for Discontinuous Conduction Operation", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 48, No. 3, pp. 1070-1078, 2012.
- [5] M. Yilmaz, P. T. Krein, "Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles", IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 28, No. 5, pp. 2151-2169, 2013.
- [6] H. Wang, Y. Liu, H. Fu and G. Li, "Estimation of State of Charge of Batteries for Electric Vehicle", International Journal of Control and Automation, Vol. 6, No. 2, pp.185-193, April., 2013.
- [7] James H. A, T. Alfred, W. J. Barry, "A Battery State of Charge Indicator for Electric Wheelchairs", IEEE Trans. on Industrial Electronics, 1992.
- [8] R. A. Jackey, "A Simple, Effective Lead-Acid Battery Modeling Process for Electrical System Component Selection", The MathWorks Annual Report, 2007-01-0778, MathWorks, Inc.
- [9] Ceraolo, "New Dynamical Models of Lead-Acid Batteries", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 15, No. 4, 2000.
- [10] H. Rahimi-Eichi, F. Baronti, and M. Y. Chow, "Modeling and online Parameter Identification of Li-Polymer Battery Cells for SOC Estimation", in Industrial Electronics(IEE), 2012, pp. 1336-1341, 2012.
- [11] T. Imai, K. Sakjyama, I. Hirota, H. Omori, "A Study of Impedance Analysis for an Inductance Heating Device by Applying a New Interpolation Method", IEEE Trans. on Magnetics, Vol 33, No. 2, pp. 2143-2146, 1997.

◆ 저자소개 ◆



박노식(朴魯植)

1959년생. 2006년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 부경대 대학원 메카트로닉스공학과 졸업(박사). 현재 세웅테크 대표.



이동희(李東熙)

1970년 11월 11일생. 1996년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2002~2005년 OTIS-LG 선임연구원. 2005년~현재 경성대 메카트로닉스 공학과 부교수.