논문 2009-46SC-6-4

다중전지 시스템에서 잔류 에너지의 재활용 방법

(A Scheme for Reuse of Residual Energy in a Multi-cell Battery System)

윤 웅 진*, 백 제 인**

(Woong-Jin Yun and Jein Baek)

요 약

휴대형 전자정보기기의 사용이 보편화되면서 고성능 전지를 개발하는 노력이 활발하게 진행되고 있는 등, 휴대형 장치에 전력공급 시간을 증대시키는 것이 중요한 문제로 대두되었다. 전력공급 시간의 연장을 위한 또 하나의 실용적 방법은 다중전지를 병렬 연결하여 사용하는 것이다. 본 논문에서는 다중전지를 사용하되, 단순한 병렬 연결이 아니라 전지 내부의 잔류 에너지를 재활용하는 새로운 발상을 소개하고자 한다. 이 방식은 전지의 사용에 따라 출력 전압이 기준값 이하로 떨어진 후라 할지라도 일정한 길이의 휴지시간을 경과하고 나면 잔류 에너지에 의하여 전압이 다시 일부분 회복되는 실제적 현상을 이용하려는 것이다. 잔류 에너지를 재활용할 수 있는 구체적인 방법으로서 전지선택형 다중전지 결합 방식을 제안하였다. 제안한 방식에 대하여 전지 방전특성을 실험적으로 측정하였으며, 알카라인 일차전지 한 개당 전력공급 시간을 1~2시간 정도 더 연장시킬 수 있음을 확인하였다.

Abstract

As portable electronic systems being used more often, it becomes a more important issue to lengthen the lifetime of the power battery of the system, for instance, by developing batteries of a higher efficiency. A simple as well as practical method to lengthen the lifetime is to use multiple batteries that are connected in parallel. But in this paper we present a new idea in using multiple batteries, with which the residual energy of the battery can be used in the sense of recycling. The idea is based on a usual phenomenon that a battery cell that has been used until its voltage has dropped below a reference level may still have some residual energy, due to which the voltage can recover when the cell takes a rest for a while. As a practical realization scheme of this idea, a multi-cell configuration method with a cell selection switch is introduced, and its feasibility has been examined by performing experimental observations on the behavior of battery discharge. It has been found that the lifetime of an Alkaline primary battery cell can be lengthened approximately by one or two hours with the proposed method.

Keywords: battery, multi-cell battery, residual energy

I. 서 론

현대의 IT 시대에서 이동전화, PDA, 노트북 등 각종 휴대형 전자정보기기는 편리한 필수 도구로 그 사용이 보편화되었다. 그런데 이들 장치는 모두 전력공급을 위하여 전지를 필수적으로 사용하고 있기 때문에, 전지의 수명이 다하면 휴대 장치의 기능 또한 정지되는 제약을 감수하여야 한다. 특히 최근에 많은 관심을 받고 있는 USN(ubiquitous sensor network)의 경우는 전지의 수명이 더욱 중요한 바, 여기서 사용하는 각종 센서 단말기는 별도의 충전 기능을 갖출 수 없기 때문에, 단말기의 수명 및 더 나아가 네트워크 전체의 수명은 곧 단말기에 전력공급 할 수 있는 시간으로 제한되기 때문이다.

* 정회원, (주)래드스핀
(Radspin)
** 평생회원, 한남대학교
(Hannam University)
※ 이 논문은 2007년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음
접수일자 : 2009년2월16일, 수정완료일 : 2009년11월6일

전기장치에 대한 전력공급 시간을 증대시키기 위한 방법으로는, 전기장치의 소모전력을 줄이는 것이 기본이지만, 이 외에도 전지의 관점에서 전지의 용량 혹은 효율 증대[1-5], 전지의 교체, 보조전지 사용[6], 다중전지 사용 등이 가능하다. 다중전지 방식은 여러 개의 전지를 사용하는 것을 말하며, 그동안 여러 전지를 병렬 결합하여 사용하는 방법이 주로 이용되어 왔다.

병렬 결합 방식은 매우 간단하면서도 편리하여, 전지의 개수에 비례하여 전지의 용량 및 전력공급 시간을 증대시킬 수 있다. 하지만 이 방식은 병렬 결합된 전지들의 초기 충전 상태가 동일하지 않거나, 전지의 방전 특성이 상이하여 전지 상호 간의 전압 불균형이 발생하면, 전지들끼리의 순환 전류가 흐르게 되어, 이로 인하여 그만큼 전지의 수명이 단축된다는 문제가 있다[7].

본 논문에서는 다중전지를 사용함에 있어서, 전지의 수명을 연장시키고자 전지 내부의 잔류 에너지를 재활용하는 발상을 소개하고, 그 구체적인 방법으로서 전지선택형 다중전지 결합방식을 제안하고자 한다. 이 방식은 전지의 사용에 따라 출력 전압이 기준값 이하로 떨어진 후라 할지라도 일정한 길이의 휴지시간을 경과하고 나면 잔류 에너지에 의하여 전압이 다시 일부분 회복되는 실제적 현상을 이용하고자 하는 것이다. 본 논문의 주된 의의는, 전지의 잔류 에너지에 착안하여 전지를 다시 사용하려는 시도를 처음으로 제기하고, 그 구체적인 방법을 제안하며, 실험적으로 효과를 관측한 점이라 할 것이다.

서론에 이어서, Ⅱ장에서 전지의 종류와 방전특성을 정리하였다. Ⅲ장에서는 본 논문에서 제안하고자 하는 전지선택형 다중전지의 결합 방식을 소개하였다. Ⅳ장에서 전지의 방전특성을 실험한 내용을 기술하고, 제안한 방식의 효용성을 확인하였다. 그리고 Ⅴ장에서 결론을 맺었다.

Ⅱ. 전지의 종류 및 특성

전지는 1800년 볼타전지가 효시이며, 1859년 연축전지가 발명된 이래 본격적인 발전이 이루어져 고출력화, 고성능화, 경량화, 소형화, 신뢰성 등에서 크게 진보하였다. 그림 1은 현재 사용되고 있는 여러 종류의 전지들을 원리 및 소재에 따라 분류한 것이다[1]. 전기를 발생시키는 원리에 의하여 크게 화학전지와 물리전지로 구분한다. 화학전지는 다시 분류하여 일차전지, 이차전지, 연료전지 등이 있다. 물리전지의 대표적인 예로서 태양전지가 있으나, 이는 주로 전력생산용이다[2]. 화학전지와 물리전지의 중간 성격을 가진 것으로서, 초고용량 캐패시터가 있다. 일차전지는 1회성 용도로서 망간(Mn: Manganese), 알카라인(Alkaline zinc-manganese dioxide), 리튬(Li: Lithium) 등의 소재를 사용하고 있으며, 이차전지는 재충전이 가능하여 반복 사용 용도로서 납(Pb), 니켈-카드뮴(Ni-Cd: Nickel-Cadmium), 리튬 등의 소재를 사용하고 있다.

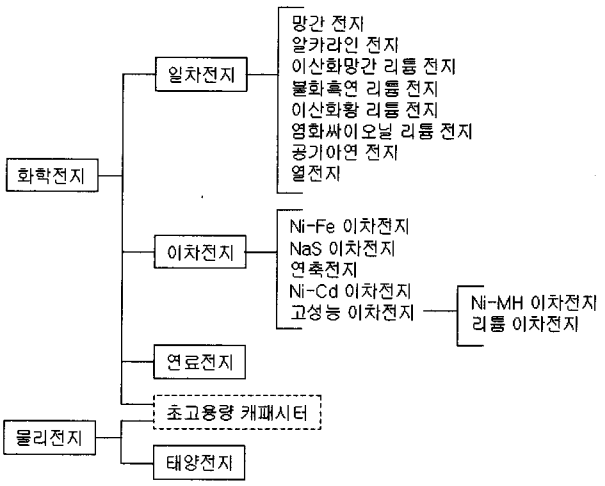


그림 1. 전지의 종류
Fig. 1. Battery types.

실용성이 높은 전지로는, 일차전지에는 알카라인 전지, 이차전지에는 납전지, Ni-Cd 전지, 니켈-수소(Ni-MH: Nickel Metal Hydride) 전지, 리튬이온 전지 등이 있다. 최근 휴대 전자제품의 보급이 증대하면서 이차전지 연구가 집중적으로 이루어지고 있다. 에너지 밀도가 높고, 충방전 횟수가 긴 전지로서, Ni-Cd 전지가 사용되어 오다가, 카드뮴이나 납 등과 같은 공해문제를 일으키지 않는 전지로서, Ni-MH가 개발되었다. 특히 최근에 개발된 리튬이온 전지는[4] 전지의 메모리 효과(완전 방전이 되지 않은 상태에서 충전하면 전지의 용량이 감소하는 현상)이 없고 고용량이 가능하여 미래의 전지로 많은 주목을 받고 있다[5].

그림 2는 전지의 에너지가 소모되어 가는 전형적 과정을 전지의 출력전압 변동 그래프로 나타낸 것이다[8]. 전지 전압은 최대 충전전압에서 출발하지만 자가 방전으로 인하여 그 값이 일부 감소한다. 전지에 부하가 연결되면 전류의 흐름과 함께 전압이 서서히 감소해 나간다. 전지에 저장된 에너지가 소진할 즈음에 전압은 급속한 기울기로 감소하게 되고, 특정 전압 이하로 내려

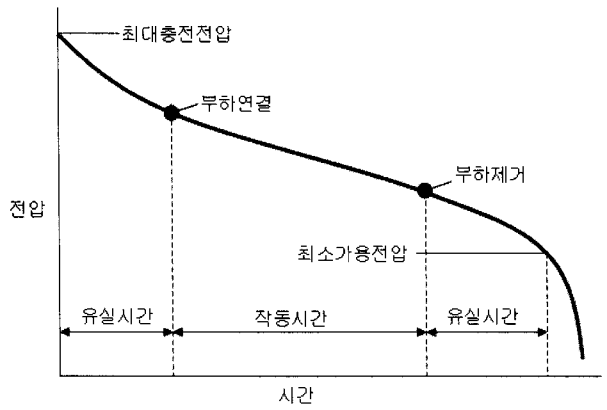


그림 2. 전지의 전형적인 방전 과정
Fig. 2. A typical discharge behavior of a battery.

가게 되면서 전지의 기능을 마친다.

전지가 공급할 수 있는 에너지는 정격전압과 전지용량으로 나타낸다. 전지용량은 일반적으로 전류량과 시간의 곱으로 나타내어 mAh 따위의 단위를 사용한다. 전지용량에다 정격전압을 곱하면 에너지의 실제값을 얻을 수 있다.

Ⅲ. 전지선택형 다중전지 결합방식

다중전지는 여러 개의 전지를 사용하는 것을 말한다. 여러 개의 전지들을 병렬로 결합하여 사용하는 것이 일반적 형태인데, 이로써 전류량 및 전력 공급시간을 늘릴 수 있는 장점이 있다. 본 절에서는 기존의 병렬 결합이 아니라, 전지의 잔류 에너지를 다시 활용할 수 있는 새로운 결합방식을 제안하며, 그 구조는 그림 3과 같다.

이 방식은, 선택 스위치를 사용하여 여러 개의 전지들 중에서 하나 혹은 일부의 전지만 선택하여 전력을 공급하도록 하는 점이 특징이다. 전력공급 전지를 선택하는 제어신호는 전원제어부에서 공급하는데, 전원제어

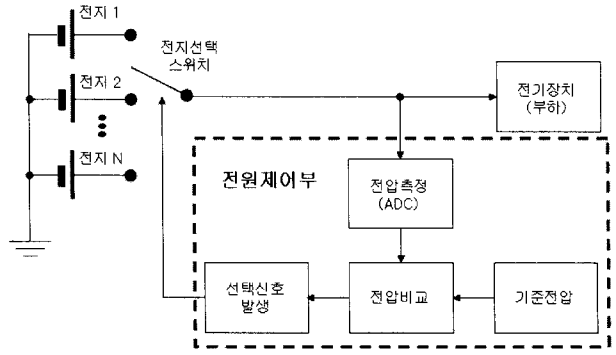


그림 3. 전지선택형 다중전지 구조도
Fig. 3. Structure of the cell-selectable multi-cell battery.

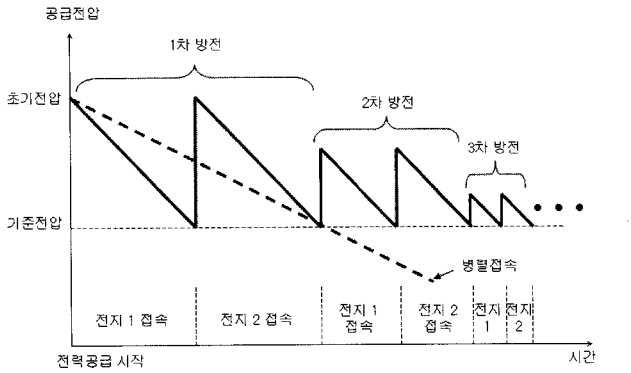


그림 4. 전지선택형 다중전지에 의한 전력공급 시간 연장의 개념도
Fig. 4. A conceptual sketch of the supplied voltage for the cell-selectable multi-cell battery.

부는 부하로 공급되는 전압을 측정하고 그 값을 특정한 기준 전압과 비교 판단하여 스위치 선택신호를 발생한다. 부하로 공급되는 전압이 기준 전압 이하로 떨어지면 전력공급 전지를 대기 중인 다른 전지로 교체하도록 함으로써 부하로의 전력공급은 계속되게 하며, 이와 동시에 전력공급해 왔던 전지는 차단하여 휴지 상태로 변경한다.

전지가 연속적으로 전력을 공급함으로써 출력전압이 기준전압 이하로 떨어졌다 할지라도 잔류 에너지가 남아 있을 수 있는데, 이 에너지 영향으로 인하여 전지가 어느 정도의 휴지 시간을 경과하면 출력전압이 다시 상승되는 현상을 발견할 수 있다. 본 논문에서는 바로 이러한 현상에 착안한 것으로서, 전지의 1차 방전 후에 어느 정도의 휴지 시간을 경과한 후 다시 사용함으로써 잔류 에너지를 활용하고자 하는 것이다.

2개의 전지에 대하여 이러한 방식을 적용하면 공급전압은 그림 4와 유사한 모습을 보일 것이다. 2개의 전지가 순서대로 1차 방전을 마쳤다 할지라도 잔류 에너지를 활용하면 2차 및 3차의 방전으로 전력공급이 가능하며, 이 결과 부하로의 전력공급 시간은 단순 병렬접속 방식에 비하여 증가할 수 있다.

Ⅳ. 전지의 방전특성 측정 실험

전지선택형 다중전지의 효과를 확인하고자 그림 5와 같은 방법으로 전지의 방전특성 측정 실험을 수행하였다. 전지를 부하저항 R_L에 연결한 상태에서 전지의 공급전압 v_L을 측정하여 관찰하였다. 그림 3의 전원제어부와 유사하게 ADC(analog-to-digital converter) 소자

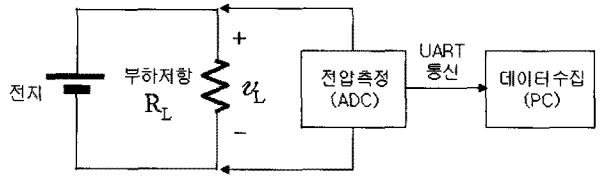


그림 5. 전지 방전특성 측정 방법
Fig. 5. Measurement set of the battery discharge.

표 1. 실험에 사용한 전지 종류
Table 1. Battery types of the measurement.

전지종류 / 시료기호	구분	종류(제조회사)
A	일차전지	알카라인(E사)
B		알카라인(D사)
C	이차전지	Ni-MH 2700mAh(S사)
D		Ni-Cd 700mAh(S사)
E		Ni-Cd 650mAh(Z사)

를 사용하여 전압을 측정하였으며, 이 결과를 UART 통신 방식으로 PC의 하이퍼터미널로 보내어 데이터를 수집하였다. 전압의 측정은 10분마다 1회씩 이루어지고, ADC는 ATmega128 마이크로컨트롤러에 내장된 것을 활용하였으며, 10-bit, 0.01[V] 정밀도로 측정이 이루어졌다[9]. 측정 실험의 온도 및 습도 수준은 특별한 조절 설비가 없이 일상적 환경에서 수행하였다.

실험에 사용한 전지는 표 1과 같이, 일차전지형 알카라인 2종, 이차전지형 Ni-MH 1종 및 Ni-Cd 2종을 대상으로 하였으며, 상용 제품을 구입하여 시료로 사용하였다. 부하는 5, 10, 20[Ω] 세 가지 값의 탄소저항으로서, 오차범위는 ±0.1[Ω], 정격전력은 1/4[W]인 것을 사용하였다.

1. 1차 방전특성

그림 6은 일차전지의 하나인 전지-A에 대한 1차 방전특성을 3가지 부하저항에 대하여 7회씩 측정한 결과를 겹쳐서 나타낸 것으로서, 그림 2와 유사한 모습을 보이고 있다. 이 전지는 정격전압이 1.5[V]이지만 초기 전압은 1.55~1.57[V]로 나타났다. 방전에 따른 전압강하의 기울기는 일정하지 않고, 고→저→고의 순서로 진행하였다. 전력공급 시간은 부하 저항값이 증가할수록 비례적으로 증가하는 경향이 있음을 확인할 수 있다.

그림 7은 이차전지의 하나인 전지-D에 대한 1차 방전특성을 측정한 결과이다. 대체적으로 일차전지인 그림 6과 유사하다. 하지만 전지의 용량 차이로 인하여 전력공급 시간이 1/3 정도로 줄었고, 초기 전압이

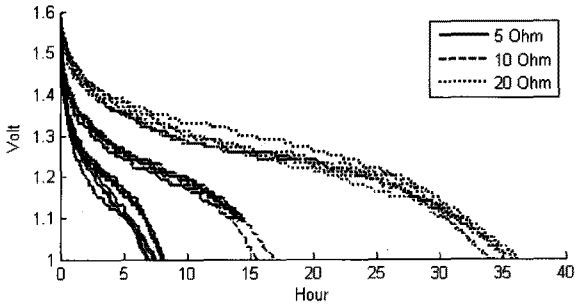


그림 6. 전지-A의 1차 방전특성 예
Fig. 6. Discharging examples for the battery-A.

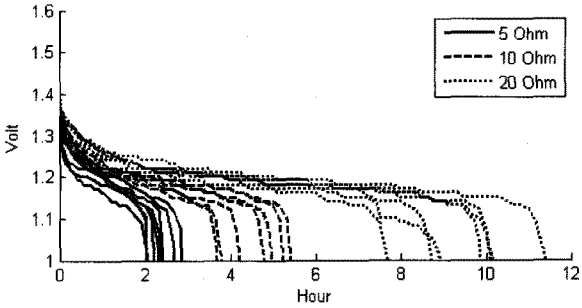


그림 7. 전지-D의 1차 방전특성 예
Fig. 7. Discharging examples for the battery-D.

1.4[V] 미만으로 낮아지며, 방전에 따른 전압강하의 기울기가 좀 더 평탄한 모습을 보이는 점 등에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 한편 전력공급 시간이 전지 표본별로 다소 큰 차이를 보이는 점은 전지 표본별 특성이 서로 다른 점도 있었겠으나, 이차전지를 재충전할 때 언제나 동등한 조건에 이르도록 충전하지 못했던 점이 주된 이유인 것으로 추측한다.

부하전압 v_L이 특정한 기준전압 V_r까지 내려갈 동안 전지가 1차 방전을 통하여 부하로 전력공급한 시간을 T_1이라 하자(즉, $v_L(T_1) = V_r$). V_r은 부하의 전기장치가 정상적 작동을 유지할 수 있는 최소 전압을 의미하며, 부하에 따라 그 값이 다를 수 있다. 본 논문에서는 전지의 에너지를 최대한 사용하도록 한다는 취지에서 전압 감소 기울기가 증가되기 시작하는 변곡점 부근의 전압을 기준전압으로 정해서, 일차전지는 1.09[V], 이차전지는 1.15[V]로 하였다. $0 \le t \le T_1$ 시간동안 전지가 공급한 전류-시간 총량 AH는 다음 식과 같으며, 이는 곧 그림 6의 그래프를 적분한 것을 R_L로 나눈 값이 된다.

$$AH = \frac{1}{R_L}\int_0^{T_1} v_L(t)dt \qquad (1)$$

예를 들어서, 그림 6의 $R_L = 20[\Omega]$의 경우 $T_1 = 32$ [hour] 정도가 되고, 식 (1)에 의하여 $AH \approx 2{,}080$ [mAh]가 된다.

2. 다중 방전특성

전지선택형 다중전지는 1차 방전을 마쳤더라도 특정한 휴지시간이 경과한 후에 부하에 다시 연결되어 방전을 하게 된다. 이러한 상황에 맞추어 2차 및 3차 방전특성을 측정하였고, 그 중의 한 예로서, 전지-A에 대한 하나의 측정결과를 그림 8에 나타내었다. 이때의 기준전압은 1.09[V], 부하 저항은 10[Ω]이었다. 이 측정에서 전지의 휴지시간은 그림 4의 개념에 따라 1차 방전과 2차 방전 사이는 1차 방전시간, 2차 방전과 3차 방전 사이는 2차 방전시간과 같도록 하였다. 그러나 그림에서는 편의상 휴지시간의 경과과정을 생략하여 방전 곡선들을 서로 인접시켜 나타내었다.

1차 방전은 그림 6의 방전특성과 유사하게 나타났다. 2차 방전은 초기 전압이 1.25[V]였고, 약 1.2시간 지속되었다. 3차 방전은 초기 전압이 1.17[V]였고, 약 0.3시간 지속되었다. 방전의 횟수가 증대할수록 초기 전압이 낮아지고 전압강하 기울기가 높아지며, 방전시간이 감소하였다.

1차 방전 이후의 방전 시간의 합은 곧 전지선택형 다중전지 방식에 따른 전력공급 시간 연장분에 해당한다. n차 방전에 의한 전력공급 시간을 T_n이라 하고, 연장된 방전 시간을 T_E라고 하면, $T_E = T_2 + T_3 + \cdots$가 된다. 각 전지별 및 부하저항별로 4회씩 실험하여 3차 방전까지의 전력공급 시간을 측정하였으며, 그 평균값을 표 2에 정리하고, T_E의 평균값 추이를 그림 9에 나타내었다.

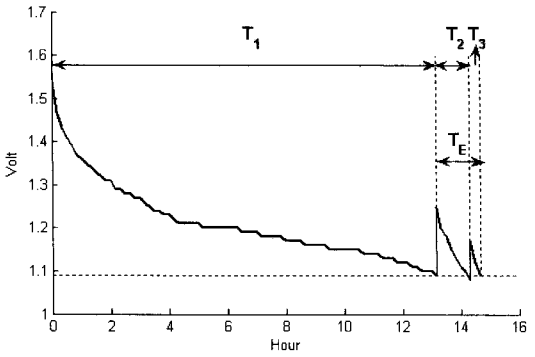


그림 8. 전지-A에 대한 다중 방전 예(R_L=10[Ω])

Fig. 8. A multiple discharging example for the battery-A (R_L=10[Ω]).

표 2. 다중 방전시간 측정치 평균값(단위: 시간)

Table 2. Measured mean durations of multiple discharges (Unit: Hour).

측정치 / 시료기호	R_L [Ω]	$\overline{T_1}$	$\overline{T_2}$	$\overline{T_3}$	$\overline{T_E}$ $= \overline{T_2} + \overline{T_3}$	$\overline{T_E}/\overline{T_1}$ (%)
A	5	6.10	0.53	0.33	0.87	14.5
	10	13.37	1.02	0.35	1.37	10.1
	20	32.06	0.83	0.33	1.17	3.7
B	5	5.08	1.08	0.42	1.50	30.5
	10	14.13	1.80	0.53	2.33	16.5
	20	32.21	1.58	0.46	2.04	6.4
C	5	8.89	0.28	0.17	0.44	5.0
	10	16.72	0.17	0.17	0.33	2.0
	20	35.25	0.25	0.17	0.42	1.2
D	5	1.38	0.17	0.08	0.25	18.2
	10	3.92	0.17	0.13	0.29	7.5
	20	6.96	0.42	0.17	0.58	8.8
E	5	1.42	0.17	0.08	0.25	17.9
	10	3.87	0.20	0.13	0.33	7.6
	20	10.67	0.33	0.03	0.37	3.4

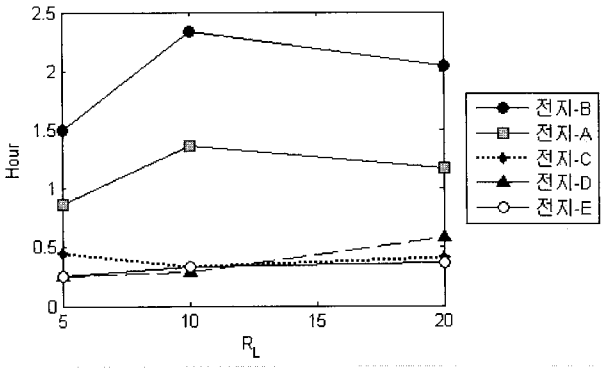


그림 9. 다중 방전에 의한 전력공급 연장 시간의 평균값

Fig. 9. Extended durations of power supply by the multiple discharges.

일차전지(전지-A 및 전지-B)는 T_E 값이 1시간 내지는 2시간 정도를 보였다. 또한 부하저항 R_L이 10[Ω]에서 가장 큰 값을 보였으며, 5[Ω] 및 20[Ω]에서는 이보다 약간 감소한 값을 나타내었다. T_E 값 대비 1차 방전시간 T_1 값의 비율은 전지선택형 다중전지 방식에 의한 시간 연장 효율이라 볼 수 있는데, 3.7~30.5%의 수준으로서, R_L이 작을수록 큰 값을 보였다. 이에 비하여 이차전지는 T_E 값이 0.5시간 이하로 미미하여 다중방전의 실효성을 기대하기 어려운 수준이었고, 부하저항과의 뚜렷한 상관성도 발견할 수 없었다.

일차전지에서 T_E와 R_L의 상관성을 좀더 정확하게 파악하기 위해서는 R_L 값을 다양하게 바꾸면서 보다 많은 측정이 필요할 것이지만, 이는 매우 오랜 시간이 소요되어, 다중 방전의 기본 개념을 소개하는 취지의 본 논문에서는 다루지 못하였다.

V. 결 론

전기장치로의 전력공급을 전지에 의존하는 경우에 있어서, 전력공급 시간을 연장하기 위하여 전지의 잔류 에너지를 재활용하는 방법을 제시하고, 그 효용성을 실험적으로 확인하였다. 이 방법은, 전지가 1차 방전으로 내부 에너지를 소모한 후라 할지라도 일정한 길이의 휴지시간을 경과하고 나면 잔류 에너지에 의하여 전압이 다시 일부분 회복되는 현상을 이용하는 것이다. 본 논문의 주된 의의는, 전지의 잔류 에너지에 착안하여 전지를 다시 사용하고자 하는 문제를 처음으로 제기하고, 그 구체적인 방법을 제안하며, 실험적으로 효과를 관측한 점이라 할 것이다.

제안한 방법의 실용성을 확인하기 위하여 상용 시판되고 있는 전지 표본들을 대상으로 실험을 수행하였다. 1회성 용도의 일차전지 2종 및 재충전이 가능한 이차전지 3종 각각에 대하여 부하 저항을 변경하면서, 제안한 방법에 따른 다중 방전특성을 관측하였다. 이 결과 일차전지에 있어서 전력공급 시간이 전지 한 개 당 1~2시간 정도 연장되어, 1차 방전 시간의 3.7~30.5% 정도의 연장 효과가 있음을 확인하였다. 또한, 이차전지의 경우는 다중 방전 시간이 0.5시간 이하로 나타나서 다중 방전의 실용성이 상대적으로 떨어진다는 점을 발견하였다.

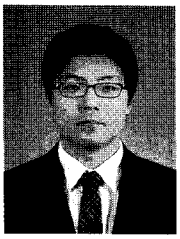
본 논문에서 제안한 전지선택형 다중전지 결합 방식은, 기존의 단순 병렬 결합 방식보다 더 오랜 시간 전력공급을 할 수 있으며, 에너지 충전 상태가 상이한 전지들을 결합하여 사용하여도 자가 방전을 피할 수 있는 등의 장점을 갖고 있다. 하지만, 전원제어부 회로가 추가될 뿐만 아니라 이 회로에서의 전력 소모 부담이 있다. 또한, 전지를 변경하는 순간에는 공급 전압이 불연속적으로 변동하게 되는데, 이 현상을 완화하기 위해서는 콘덴서 및 초크코일 등의 부가회로를 사용하여야 한다. 결국, 에너지의 재활용에 의한 이득과 이를 얻기 위한 비용(추가 회로 및 에너지 소모량) 사이의 절충 내용에 따라 활용도를 판단하여야 할 것이다. 다만, USN 단말기에서와 같이 별도의 회로 추가가 거의 없이 기존의 회로만으로 용이하게 구성할 수 있는 경우에는 실용성이 더욱 나아질 것이다.

앞으로는 다양한 종류의 전지 및 부하 조건에 대하여 실험을 확대하고, 엄격한 실험 환경에서 실험 횟수를 증대하여, 전력공급 시간 연장량의 추이를 면밀하게 관찰할 필요가 있다. 또한 전지의 잔류 에너지가 발생하는 원리를 전기공학적 측면에서 해석할 수 있는 연구도 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 문병주, "차세대 전지 기술 동향", *주간기술동향*, 통권 1328호, pp. 39-47, 2007.12.
[2] 김제하 외 4인, "박막형 태양전지 기술 및 산업 동향", *전자통신동향분석*, 제23권, 제6호, 2008.12.
[3] William J. Ingram and David G. Boyd, "New Technology Batteries Guide," NIJ Guide 200-98, *National Institute of Justice*, U.S. Department of Justice, June 2000.
[4] 유준재, "특집편집기-리튬이차전지", 전자공학회지, 제34권, 제12호, pp.1355-1355, 2007.12.
[5] 조원일, 이형근, "2006년 휴대전화용 배터리의 기술개발동향 및 시장분석", *전자부품*, pp. 88-92, 2006. 6.
[6] 임국찬, "휴대단말기의 배터리 이중 연결구조 및 방법", *공개번호:10-2005-0117925*, 대한민국 특허청, 2007.
[7] FAQ-02, www.bexel.co.kr/cus/cus02.html.
[8] A. K. Shukla and B. Hariprakash. "Smart batteries," *Current Science*, vol. 85, no. 3, pp. 252-255, Aug. 2003.
[9] Atmel Document, "8-bit AVR Microcontroller with 128K Bytes In-System Programmable Flash: ATmega128, Atmega128L," 2467M-AVR-11/04, Atmel.

저 자 소 개



윤 웅 진(정회원)
2007년 한남대학교 전자정보통신 공학전공 학사 졸업.
2009년 한남대학교 정보통신 공학과 석사 졸업.
2009년 (주)래드스핀 HW1팀 연구원
<주관심분야 : 디지털하드웨어, IPTV, STB>

백 제 인(평생회원)
1978년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.
1980년 KAIST 산업전자공학과 석사 졸업.
1986년 KAIST 전기및전자공학과 박사 졸업.
1984년~1988년 ETRI TDX개발단 선임연구원
1988년~현재 한남대학교 정보통신공학과 교수
<주관심분야 : 디지털변복조, 디지털필터, 모뎀 DSP>