

퍼지로직을 이용한 니켈-카드뮴 축전지의 잔존용량 산출 알고리즘 제안

Design remaining capacity calculation system of a nickel-cadmium battery by using fuzzy logic

장웅성*, 전순용
(Woong-Sung Jang, Sun-Yong Jeon)

Abstract - In this paper, to calculate accurate remaining volume, it presents how to figure out nickel-cadmium battery algorithm. A nickel-cadmium battery has widely been used in industrial field and to military. Recent high demands on the battery caused 'How to calculate accurate remaining volume is very important task to be solved. In this paper, it says it is useful using the terminal voltage change of the resistance that can be connected with the battery and the differentiation of the terminal voltage to calculate remaining volume of nickel-cadmium battery. And these can be used for volume inference data so that it is fuzzy based system which can be helpful to inference the remaining volume by the resistance of terminal voltage change. Because of electrochemical complexity, the volume calculating system is inferencing undirectly by experimentally built DB where as current the existing volume models are suffering to be adapted.

Key Words : 니켈-카드뮴, 축전지, 잔존용량,

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대 사회에서 이동성 전지인 축전지, 특히 2차 전지인 충전식 축전지는 첨단 전자제품의 소형화, 경량화에 발맞추어 수요가 급상승하고 있으며, 각 기업에서 앞 다퉈서 개발과 활용에 투자하고 있다. 현 축전지 산업은 니켈-카드뮴, 니켈-수소를 거쳐 중량 대비 에너지 밀도가 높은 리튬 이온 축전지로 선회하는 중이다.[1] 하지만 아직도 단가 등의 이유로 니켈 계열의 축전지가 많이 사용되고 있다. 특히, 니켈-카드뮴 축전지의 경우 비행기 엔진 시동용 등 고출력을 요하는 다양한 산업 및 군사용으로 사용되고 있다. 니켈-카드뮴 축전지의 많은 수요를 고려할 때 이러한 축전지의 잔존용량 산출방법은 주요한 과제라 할 수 있다. 본 논문에서는 실험적으로 구축된 데이터를 바탕으로 퍼지 로직을 이용하여 비선형적인 축전지의 잔존용량 산출 알고리즘을 제안하고자 한다.

1.1.1 연구 내용

본 연구에서는 니켈-카드뮴이 활용되는 여러 제품군중, 군에서 사용 중인 BB-851K 축전지를 사용하여 실험하였다. 본 연구에서는 잔존용량 산출을 위한 측정 요소로 전압, 온도, 부하를 측정하여 전압-온도에 대한 잔존용량의 변화, 전압-부하에 대한 잔존용량의 변화를 각각 데이터로 구축하여 퍼

지 시스템을 이용 잔존용량을 산출한다. 따라서 본 연구에서는 방전특성에 영향을 주는 요소들을 여러 가지 조건에서 다양하게 변화시키면서, 각 요소상호간에 미치는 영향을 독립적으로 간주하고 반복 실험을 통하여 축전지 특성을 규명하는데 초점을 맞추었다. 실험에서 얻은 데이터를 근거로 규칙과 특징을 추출하여 일반화함으로써 축전지의 방전특성에 대한 데이터베이스를 토대로 축전지의 잔존용량을 산출해 내는 지능형 알고리즘을 제안한다.

2. 본 론

2.1 기존의 일반적인 잔존용량 측정 방법

기존의 충전상태를 측정하는 방법에는 전해액의 비중, 임피던스와 같은 항목을 직접 측정하는 방법 등이 있고, 간접적인 방법으로 배터리의 모델을 이용하는 방법으로 부하 전압, 전기량 적산, 퓨커트 방정식 등을 이용하는 방법이 있다.

그러나 니켈-카드뮴 축전지의 경우 충전 시 생성되는 H₂O는 방전 시에 소비됨으로써 전해액의 농도 변화는 거의 무시되어 진다. 따라서 방전 중에도 전해액의 비중변화가 거의 없다.[1,2,3] 또한 임피던스 측정[4]은 등가회로의 파라미터가 여러 복잡한 직류전류와 함께 하는 전기 화학적 임피던스 스펙트럼에 의해 결정되어 매우 복잡하다. 부하전압을 이용하는 경우 니켈-카드뮴 축전지의 방전 전압은 낮은 내부 저항으로 인해 약 1.2V(Cell) 부근에서 극히 평탄하게 유지되어 적용하기에 적합하지 않고 전기량 적산 방식을 이용하는 경우 축전지에 인가되거나 출력되는 AH의 양을 측정하는데 이것은 실제 사용된 용량을 간접적으로 표현하는 것과 같다.

저자 소개

* 準 會 員 : 東洋大學 시스템制御工學科 碩士課程

** 正 會 員 : 東洋大學 시스템制御工學科 助教授 · 工博

그러나 방전에 있어서 아직 남아 있는 유용한 용량이 얼마인지는 알수 없기에 잔존용량을 추정하는 것에 이 모델이 사용될 때는 반드시 보정상수로 보정되어야 하고 축전지에 실제로 남아 있는 용량이 얼마인지를 결정하기 위해서 주기적으로 조정되어야 한다. 그리고 퓨커트의 방정식[5,6]을 이용하는 경우는 방전전류가 다양하고 크게 변하는 경우에 추정 정밀도에 한계가 있다. 살펴본 것과 같이 기존의 방법으로 니켈-카드뮴 축전지의 잔존용량을 산출하기란 매우 어렵다.

2.2 니켈-카드뮴 축전지의 방전 시 변화 요인 고찰

니켈-카드뮴 축전지의 공칭 용량은 0.1CmA의 전류로서 15시간 충전한 후, 0.2CmA의 전류로 방전하여 종지 전압(1.0V/cell)까지 지속되는 시간을 5시간이상으로 하여 규정한 다.[7,8]

니켈-카드뮴 축전지는 온도에 대하여 저온에서 고온까지 광범위한 온도 범위에서 방전이 가능하지만 고온에서의 방전 특성은 상온에 비해 차이가 없는데 반해, 저온에서는 활물질의 반응성 저하로 방전 용량이 감소한다.[9] 또한 니켈-카드뮴 축전지의 특성중 하나인 메모리효과와 축전지의 상태 역시 고려해야 할 요인 중 하나이다. 즉, 보다 정확한 잔존용량을 산출하기 위해서는 축전지의 방전특성에 영향을 미치는 요인들인 방전시의 주위온도, 부하의 크기, 축전지의 상태 등의 파라미터들을 고려해야 할 필요가 있다.

본 논문에서는 온도와 부하를 고려하여 축전지의 잔존용량을 산출한다. 위에서 언급하였듯이 온도와 부하 외에 축전지의 상태도 고려하여야 좀 더 정확한 잔존용량을 산출할 수 있겠으나 그것은 앞으로 계속 되는 연구를 통하여 고려하도록 하겠다.

2.3 온도에 따른 방전 특성

축전지는 전해액을 매개로 하는 전극간의 화학적 가역 반응이라는 특성 때문에 온도에 민감하게 반응한다. 즉, 축전지는 방전시의 온도변화에 따라 방전특성이 영향을 받는다. 온도변화에 따른 방전특성의 변화를 보상하는데 필요한 정보를 얻기 위하여 동일한 조건에서 온도변화실험을 실시하였다.

실험은 축전지의 완충 전압을 13.8±0.1V 종지 전압을 11.5V로 하여 실험을 시작하였고 온도의 변화 범위는 일상생활에 사용될 수 있는 범위 즉, 영하 10도에서 영상 25사이에서 실험하였다.

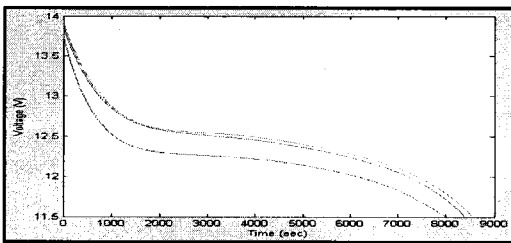


그림.1 축전지 방전 시 온도 변화특성

그림.1에서 보여주는 그림은 배터리 방전 시 온도 변화특성을 실험한 결과 중 일부의 그래프이다. 같은 전압 레벨에서도 온도에 따라서 잔존용량이 크게 다른 것을 알 수 있다.

2.4 제어 알고리즘

각 전압에서의 온도에 따른 시간 차이를 다시 그래프로 나타내면 그림.2와 같이 나타난다.

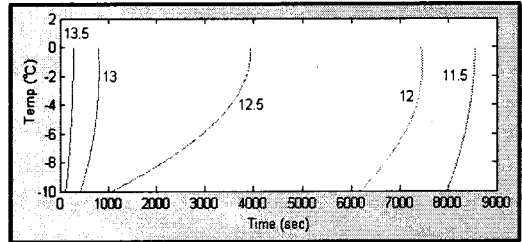


그림.2 각 전압에서의 온도와 시간관계

그림.4에서 보여지는 것과 같이 전압과 온도에 따른 용량의 차가 나타나는 것을 이용하여 상온에서의 값을 0.값403으로 선정하여 0.값403으로부터 피지 보정 값을 빼줌으로 잔존용량을 산출할수 있다.

위의 온도 실험결과에서 얻은 정보를 근거로 방전시의 주변온도와 축전지의 전압을 입력으로 하는 피지 알고리즘은 다음과 같다.

$$W = W_{reference} - Cs \cdot [\text{defuzzifier}(\lambda_F)] \quad (3)$$

W는 잔존용량, Wreference는 실험데이터를 통해 얻은 용량 기준값, Cs는 피지화된 양을 물리량으로 변화시켜 잔존용량 산출을 위한 값으로 일치시키기 위한 스케일 요소이며, λ_F 는 0과 1사이의 정규화된 피지추론 결과값으로서 표의 제어규칙과 언어변수에 의해 근사화 된다.

테이블.1 제어규칙

전압 \ 온도	L	M	II
VL	3	1	0
L	6	1	0
SL	20	2	0
SM	13	3	0
M	5	0	0
IIM	2	0	0
SIH	2	0	0
II	1	0	0
VII	0	0	0

피지 시스템을 통해 구해진 잔존용량(Ah)은 방전 전류 I와 방전시간 t로 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$W = I \times T \quad (4)$$

$$W = (V / R) \times T_{\text{discharge}} \quad (5)$$

$$T_{\text{discharge}} = W \times (R / V) \quad (6)$$

V는 단자전압, R는 부하로 잔존시간 Tdischarge는 식(6)와 같이 찾을 수 있다.

2.5 성능평가

현재 연축전지를 비롯한 여러 축전지들의 충방전 및 잔존용량 산출 알고리즘이 제안된 사례가 있다. 그러나 니켈-카드뮴 축전

지의 경우 선례가 없었다. 또한 축전지의 정확한 잔존용량 기준이 마련된 바가 없다. 따라서 본 연구에서 실험하여 얻은 데이터와 제안한 알고리즘을 통해 산출한 결과를 비교하여 성능을 확인한다.

그림.3은 Fuzzy surface를 보여주고 있다. 영하로 기온이 떨어질수록, 그리고 전압이 12.2~5V 일때 큰 편차를 갖는 것을 볼 수 있다.

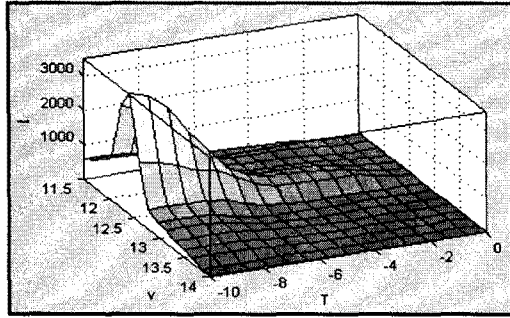
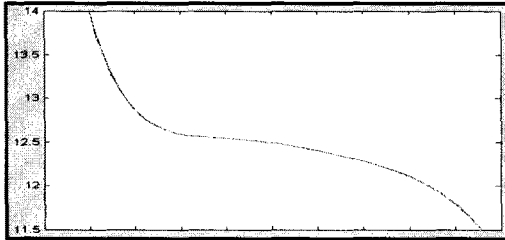
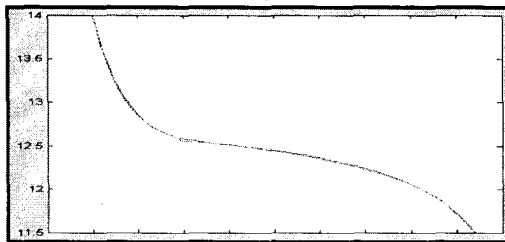


그림.3 Fuzzy surface

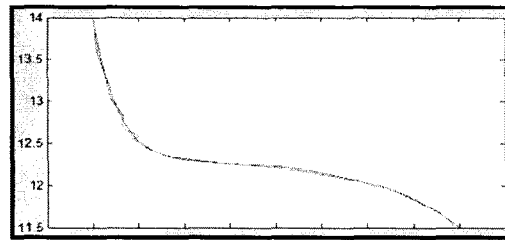
그림.4는 알고리즘을 적용하여 얻은 방전용량 산출 결과와 실험을 통해 얻은 데이터 값을 비교하여 보여준다. 편차가 큰 -10°C의 경우 가장 큰 오차범위가 약 2%정도 났고, 그 외의 경우 약 1% 정도의 오차가 있었다.



(a)



(b)



(c)

그림.4 니켈-카드뮴 축전지의 잔존용량 산출결과 (a.0°C b.-5°C c.-10°C)

3. 결 론

방전특성에 영향을 주는 요소들을 여러 가지 조건에서 다양하게 변화시키면서, 각 요소 상호간에 미치는 영향을 독립적으로 간주하고 반복 실험을 통하여 축전지의 특성을 규명하였다. 축전기 사용시 온도변화에 따른 방전특성을 파악하기 위하여 반복적으로 실험하였으며, 실험에서 얻은 데이터를 근거로 규칙과 특징을 추출하여 일반화함으로써 축전지의 방전특성에 대한 데이터베이스를 구축하였다. 축전지의 특성 실험결과를 토대로 축전지의 온도변화를 스스로 인식하여 적절한 잔존용량을 산출할 수 있는 알고리즘을 제안하였으며, 제안된 알고리즘을 이용하여 니켈-카드뮴 축전지의 방전용량을 산출하였다.

이 논문에서 수행한 주요한 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 군용 축전지의 충전 실험을 통하여 축전기 전압과 주위온도 변화에 따른 방전특성을 규명하고, 이를 데이터베이스로 구축하였다.

둘째, 구축된 데이터베이스를 이용하여 축전지의 주위온도 변화를 감지하고 스스로 적용하여 축전지의 잔존용량을 산출하는 알고리즘을 제안하였다.

이 논문을 통하여 구축된 축전지의 방전특성에 관한 자료와 이 연구에서 제안하는 지능형 잔존용량 산출방법에 대한 연구결과는 이외의 축전지의 잔존용량 산출장치에 확장 적용할 수 있으며, 이후 축전기 상태에 대한 보완 연구를 통하여 더욱 정확도를 높인 잔존용량을 산출할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Saft Communication Department, Portable Cells and Batteries Handbook, Saft, Romainville, 1995
- [2] Deyuan Fan, Ralph E. White, "Mathematical Model of a Sealed Nickel-Cadmium Battery"
- [3] 로켓전기 출판부, "원통 밀폐형 니켈 카드뮴 축전기 기술 자료", 로켓전기, 1995
- [4] 전순용 외, "산업용 연축전지의 충전특성실험에 근거한 충전효율 개선 알고리즘", 전기학회, 2000
- [5] C.W.De Kreuk, P.J.Van Duin, "A computer model for the determination of the residual capacity of (lead-acid)batteries", The 11th International Electric Vehicle Symposium Second Volume Sessions 11-01, Italy (1992)
- [6] 전순용 외, "고주파스위치방식의 고효율 충전기 개발에 관한 최종보고서", 산업자원부, 1999
- [7] KSC8515, "원통 밀폐형 니켈 카드뮴 축전기", 한국공업표준협회, 1987
- [8] IEC285, Alkaline Secondary Cells and Batteries : Sealed Nickel-Cadmium cylindrical rechargeable single cells. international electrochemical Commission, Geneva, 1993
- [9] A Study on the Accelerated Life Test for Evaluating the Reliability of Nickel-Cadmium Batteries