

실시간 원격 배터리 점검 시스템의 개발

이종학*, 최우진*, 김형원**

*숭실대학교 전기공학부, **한빛나노바이오테크

Development of Real-Time Remote Battery Inspection System

Jong-Hak Lee*, Woojin Choi*, Hyung-Won Kim**

*Department of Electrical Engineering, Soongsil University, **Hanbit Nano Bio Tech.

ABSTRACT

전력공급의 신뢰도가 중요한 고도의 산업화 사회에서 안정적인 전력공급을 위한 비상전원 시스템의 이용은 필수적이며 이들을 위한 에너지 저장장치로서 축전지가 주류를 이루고 있다. 그러나 축전지는 비선형적인 특성으로 인해 그 상태를 정확히 예측하기 어려워 함께 사용되는 설비의 신뢰성을 저하시키는 문제를 갖고 있다. 본 논문에서는 AC 임피던스법을 이용하여 배터리의 이상 유무를 감시할 수 있는 모니터링 장치의 하드웨어 및 소프트웨어를 설계하고 실증하였다. 또한, 배터리의 상태를 진단할 수 있는 알고리즘을 적용하였으며, CAN 통신을 통하여 원격으로 다수의 배터리를 실시간으로 감시할 수 있는 소프트웨어도 개발하였다.

1. 서 론

산업과 사회 모두가 네트워크 기반의 실시간 정보교환을 기본 인프라로 삼고 있으며, 고도의 기술 집약적 형태로 변화해감에 따라 모든 요소에 고신뢰성, 고품질의 전력공급이 요구된다. 최근 전력생산 및 설비기술의 고도화를 통해 양질의 전력이 공급되고 있으나, 사고에 의한 정전이나 전력품질의 저하는 여전히 피할 수 없는 문제이다. 이러한 경우를 대비하여 UPS와 같은 비상전원이 널리 사용되고 있으며, 이러한 비상전원의 에너지 저장장치로서 배터리가 주로 사용되고 있다^[1]. 그러나 배터리는 그 특성의 비선형성으로 인해 상태를 정확히 예측하기 어려우며, 단일 셀의 불량만으로도 전체 시스템의 성능 저하 및 서비스 중단을 초래할 수 있어 함께 사용되는 설비의 신뢰성을 크게 저해할 가능성이 상존한다. 특히, UPS와 같은 비상전원의 고장원인 중 70~80%가 배터리로 인해 발생하는 것으로 집계되고 있다. 이러한 문제점에 대한 대책으로 IEEE Std. 1188 및 450등과 같은 표준에서는 밀폐형 및 개방형 납축전지의 전압, 온도, 내부저항 값을 주기적으로 모니터링 하여 사전에 이상을 감지하도록 권고하고 있다.

따라서 본 논문에서는 대용량 배터리 모듈의 각 전지를 개별적으로 모니터링 하여 이상을 감지하고 사고를 사전에 차단할 수 있는 장비의 개발에 관해 서술한다. 개발된 시스템은 전기화학적 임피던스 분광법을 이용하여 측정된 배터리의 전압, 온도 및 AC 임피던스를 측정하여 배터리의 상태를 점검하고, 실시간으로 이를 관리서버에 전송한 후 통계 처리함으로써 배터리의 고장을 미연에 감지할 수 있다.

2. 본 론

2.1 디지털 특인 앰프

Lock-in Amplifier는 일종의 AC Voltmeter로서 섭동전압을 측정하고, 측정된 섭동신호의 크기 및 위상에 비례하는 DC전압을 출력한다^[2]. 이를 전압과 전류 모두에 모두 적용하면 각각의 크기와 위상 데이터가 출력이 되고, 출력된 데이터로부터 임피던스의 크기와 위상을 식(1)과 같이 계산할 수 있다. Lock-in Amplifier의 가장 중요한 기능은 원하는 주파수의 신호만을 걸러내 출력함으로써 노이즈가 많은 환경에서도 특정 주파수 성분 신호의 크기와 위상을 측정할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 DSP로 꾸며진 디지털 방식의 Lock-in Amplifier를 이용하여 AC 임피던스 측정의 정확성을 높였다.

$$Z \angle \theta_z = \frac{V \angle \theta_v}{I \angle \theta_i} \Leftrightarrow |Z| = \frac{V}{I}, \theta_z = \theta_v - \theta_i$$

(1)

2.2 개발된 배터리의 AC 임피던스 측정장치

먼저 개발된 시스템의 개략적인 블록도는 그림 1과 같으며 임피던스 측정보드는 그림 2와 같다. 대량의 납축전지가 사용되는 시스템을 대상으로 각 배터리별로 상태를 측정할 수 있도록 AC 임피던스 측정 장치가 부착되며, 개별 측정 장치는 컴퓨터에 설치된 주 프로그램의 명령을 받아 주기적으로 축전지의 임피던스를 측정하여 이상여부를 판별하게 된다. 주 프로그램으로부터 개별 배터리로의 지령에 의해 각 배터리에서 측정된 임피던스는 CAN 통신을 이용하여 메인 프로그램이 설치된 컴퓨터로 전송된다. 개발된 장치의 측정 주파수 대역은 0.1Hz~1kHz로 하였으며, 섭동 전압의 크기는 상온에서의 열전압인 25mV 이하로 하였다. 섭동전류는 최대 5A로 설계하여 5mΩ 정도의 작은 저항을 가진 대용량 배터리의 임피던스까지 측정이 가능하도록 하였다. 임피던스 계산을 위해 소프트웨어로 구성된 Digital Lock-in Amplifier의 구현과 전체 시스템의 제어를 위해서 TI사의 32-Bit DSP인 TMS320F28335를 이용하였다. 개발된 시스템은 CAN-to-Ethernet 카드를 이용하여 총 110개의 배터리까지 임피던스 측정이 가능하며, 임피던스 측정을 위해서 섭동 신호를 발생하기 위한 푸쉬풀 타입의 증폭기, 안정적인 증폭기의 동작을 위한 제어회로, 배터리의 전압 및 전류 검출부 그리고 통신회로 등으로 이루어져 있다.

2.3 배터리 이상유무 검출 방법

주 프로그램에서 측정하고자 하는 배터리의 ID와 함께 임피

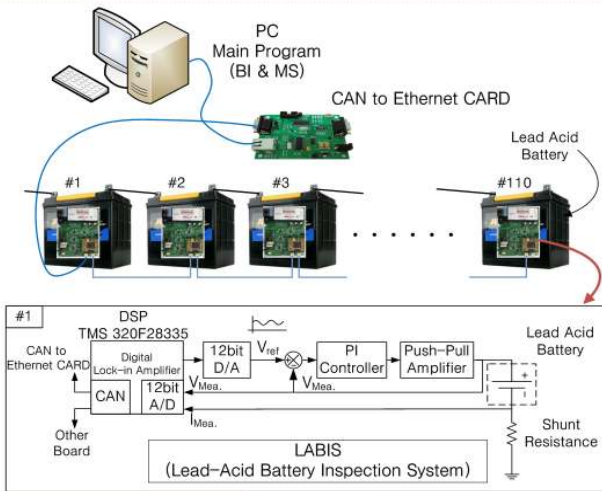


그림 1 개발된 시스템의 블록도
Fig. 1 Block diagram of the developed system

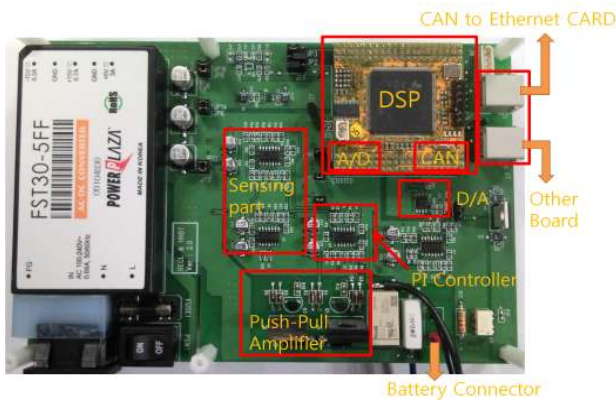


그림 2 개발된 배터리 임피던스 측정 보드
Fig. 2 Developed battery impedance measurement board

던스 측정 개시 명령을 보내게 되면, 각 보드는 주 프로그램에서 보낸 ID를 입력받게 되고 각 보드의 고유 ID와 동일한 ID의 보드가 동작하게 된다. 임피던스 측정 지령을 받은 보드에서는 임피던스를 측정하기 전, 먼저 배터리의 DC 전압을 측정하여 DSP에 입력하고, 측정 주파수 및 샘플링 주파수, 섭동신호 등을 설정한다. 배터리의 DC 전압은 정확도를 높이기 위해 DSP A/D단에서 1초 동안 읽은 값을 평균한 후 사용한다. 그 다음 DSP에서 배터리 전압에 상응하는 DC Offset과 25mV의 섭동신호를 D/A 두 채널로 출력하여 기준전압을 생성하면 푸쉬풀 증폭기 회로에서 배터리를 섭동한다. 이렇게 섭동된 배터리의 AC전압과 AC전류는 온도와 함께 DSP A/D단에 입력된다. 입력된 AC전압, AC전류의 데이터로부터 Digital Lock-in Amplifier를 이용하여 측정 주파수의 임피던스를 계산한 후, 다음 측정 주파수로 넘어가 임피던스를 반복하여 측정한다. 측정 주파수대역에서의 임피던스를 모두 측정하면 CAN 통신을 통해 배터리의 DC 전압, 임피던스 데이터(측정 주파수, 임피던스의 절대 값과 위상) 및 온도를 컴퓨터의 주 프로그램으로 전송한다. 주 프로그램에서는 입력받은 데이터로부터 임피던스 플롯을 나타내게 된다.

초기 배터리를 연결하였다면 기준 임피던스 값을 선정하기 위해 일정 시간동안 30회의 AC 임피던스를 측정한다. 측정된 30

회 임피던스 플롯에서 실수축과 마나는 지점의 주파수를 선정하게 되고 선정된 주파수에서의 임피던스 평균값을 기준 값

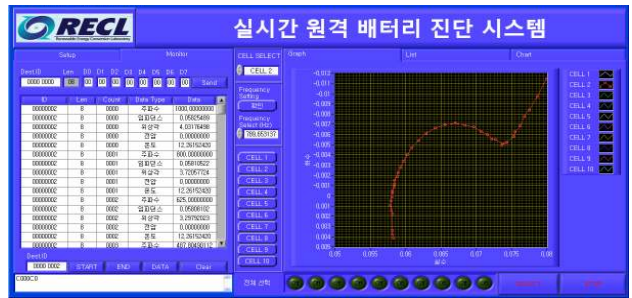


그림 3 배터리 검사 및 관리 소프트웨어
Fig. 3 Battery Inspection & Management Software

으로 저장한다. 이 후 일정시간 간격으로 임피던스를 측정하고 기준 임피던스 값과 비교하여 20%이상 차이가 나게 되면 이상이 있는 것으로 판별한다. 또한, 배터리의 온도는 18°C에서 32°C 사이에서 점검하고, 다른 셀의 온도와 3°C 이상 차이가 나는 경우 이상이 있는 것으로 판정한다. 이상이 있는 경우 주 프로그램은 관리자에게 경고 메시지를 보내 점검을 하도록 하여, 고장을 사전에 방지할 수 있다. 이와같은 순서로 동시에 다수 배터리를 점검하고 이상 유무를 감지할 수 있다.

2.4 배터리 점검 및 관리 소프트웨어

그림 3은 LabVIEW로 구성한 BI&MS(Battery Inspection & Management Software)이다. 그림에서 좌측은 설정을 위한 부분이며 우측은 모니터링을 위한 부분이다. 설정부분에서는 측정보드와 컴퓨터를 연결하는 IP 및 포트를 설정하고 임피던스 측정보드의 ID를 선택하게 된다. 우측부분은 임피던스 데이터로부터 임피던스 플롯을 그래프창에 그려 확인할 수 있다. 또한, 임피던스 및 온도, 전압 데이터를 확인할 수 있는 창과 기준 AC 임피던스 값과 함께 배터리 DC전압, 온도를 확인하여 비교 할 수 있는 창이 있다.

3. 결론

본 논문에서는 납축전지의 이상을 점검할 수 있는 개별 모니터링 회로와 대용량 배터리 모듈의 실시간 원격 감시를 위한 관리 소프트웨어를 개발하였다. 개발된 장치를 통해 배터리의 이상을 사전에 감지하여 시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있으며, 성능이 저하된 셀만을 교체하여 시스템의 유지 및 관리 비용도 줄일 수 있다. 특히, 제안된 시스템은 전기자동차나 스마트 그리드용 에너지 저장장치와 같은 다수의 배터리를 사용하는 시스템에도 유용하게 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2009년도 산학연 공동기술개발사업(No. 00037694)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고 문헌

- [1] M. Broussely and G. Pistoia, "Industrial Applications of Batteries", Amsterdam, 2007
- [2] 이주형, 최우진, "전기화학적 전력기기의 모델링을 위한 저가형 임피던스 분광 시스템의 개발", 전력전자학회, Vol. 13, No. 1, pp. 46-54, 2008, Feb