

고성능 장비의 정밀도 향상을 위한 새로운 D/A 설계기법

김형중, 채수용[†]
피앤이솔루션

New D/A Design Method for Improving Accuracy in High-Performance Test Equipment

Hyung Jung Kim, Soo Yong Chae[†]
PNE Solution

ABSTRACT

This paper proposes new D/A(Digital to Analog) Design method for improving accuracy in high performance test equipment. The proposed new D/A design can improve accuracy of the equipment even with low resolution D/A converters. The validity of proposed D/A design is verified by analysis and experiment.

1. 서 론

최근 2차전지 시장은 휴대용 전자기기에 사용되는 소형 2차 전지에서 ESS(Energy Storage System)나 EV(Electric Vehicle)에 사용되는 중대형 2차전지로 시장이 점차 확대되고 있다. 2차전지의 수요증대에 따라 2차전지를 생산 및 시험 할 수 있는 충/방전기에 대한 수요도 2차전지 생산업체의 설비투자 증가로 인해 점진적으로 증대되는 추세이다.

2차전지중 대부분을 차지하는 리튬계열 2차전지는 에너지 밀도가 높은 장점이 있지만 극소량의 수분과도 반응하여 폭발할 수 있는 위험성을 가지고 있어서 안정성에 대한 검증이 매우 중요하다.

특히 중대형 2차 전지의 경우 전기자동차의 주행거리 확대를 위해 에너지 밀도를 증가시키는 방향으로 개발을 진행되고 있으며, 이 과정에서 배터리의 폭발 위험성을 방지하기 위한 기술개발에 전력하고 있다.

2차전지 시험장비는 2차전지의 안정성 시험 및 주행패턴 시뮬레이션에 사용하는 장비로 2차전지의 정확한 특성 및 안정성 분석을 위해 고성능의 사양을 요구받고 있다. 급가속 및 급감속 등 전기자동차의 주행패턴을 시뮬레이션 하기 위해서는 고속으로 동작 가능한 시험장치가 필요하며, 또한 전지 내부의 미소 변화에 대한 안정성 분석을 위해선 고정밀 제어가 가능한 시험장치가 필요하다.

시험장치 구성상 디지털 제어부와 아날로그 구동부를 연결할 수 있는 D/A Converter가 필요하다. 하지만 Reference 전압레벨 및 고정밀 사양을 동시에 만족하는 D/A Converter를 기존 제품에서 찾아 적용하는데 어려움이 있다.

본 논문에서는 분해능이 낮은 D/A Converter를 사용하여 고분해능의 Reference를 출력함으로써 시험장비의 정밀도를 향상시킬 수 있는 새로운 D/A 설계기법에 대해 제안하고 해석 및 시제품 제작을 통해 그 타당성을 검증하고자 한다.

2. 제안한 새로운 D/A 설계기법

2.1 정밀도 향상을 위한 D/A 변환회로

그림 1(a)와 같은 기존의 D/A 방식에서는 시험장치의 정밀도가 전적으로 D/A Converter의 분해능에 의해 결정된다. 따라서 장비의 Reference 전압사양을 만족하면서 동시에 고정밀 사양을 만족해야 하는 고성능 시험장비에 적용하는데 어려움이 있다.

반면에 그림 1(b)의 제안한 새로운 D/A 변환방식은 쉽게 구할 수 있는 저가의 저분해능 D/A Converter를 이용하더라도 고정밀 Reference를 출력할 수 있으므로 고성능 장비에 적용 가능하다. 제안한 회로의 기본 구조는 저항을 이용한 분배회로 구조이다.

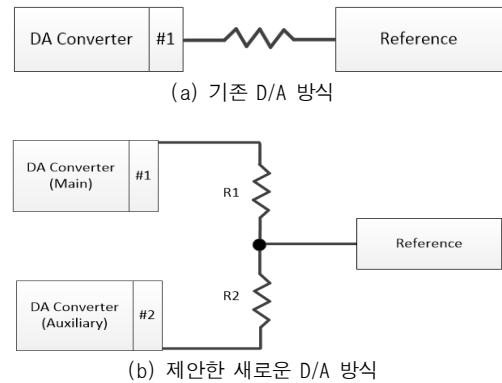


그림 1 D/A 변환방식 비교

Fig. 1 D / A conversion method comparison

제안한 새로운 D/A 변환회로에서 출력지령인 Reference와 D/A Converter의 관계를 정리하면 식 (1)과 같으며, 식 (1)을 Main D/A 출력과 Aux. D/A 출력으로 다시 정리하면 식 (2)와 같다.

$$Reference = Aux. + \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) (Main - Aux.) \quad (1)$$

$$Reference = \frac{R_1}{R_1 + R_2} Aux. + \frac{R_2}{R_1 + R_2} Main \quad (2)$$

식 (2)를 보면 지령값인 Reference는 Main D/A Converter 출력과 Aux. D/A Converter 출력이 저항분배 가중치를 적용한 결과의 합이 됨을 알 수 있다. Main D/A Converter와 Aux. D/A Converter의 분해능이 같다고 할 때 Reference의 분해능은 분배저항 R_1 과 R_2 의 저항비례에 의해 D/A Converter 자체의 분해능보다 높아지게 된다.

2.2 합성 Reference의 분해능 계산

Aux. D/A Converter 분해능과 Reference 분해능과의 관계식은 식 (3)과 같다.

$$Reference.Resolution = Aux.Resolution \times \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) \quad (3)$$

식 (3)을 보면 Reference의 분해능은 분배저항 R_2 가 R_1 보다 클수록 높아짐을 알 수 있다. 식 (3)의 관계를 분배저항의 값 비율로 정리하여 기존 방식과 비교하면 표 1과 같다.

표 1 기존방식과 제안방식 분해능 비교

Table 1 Comparison of existing and proposed method resolution

| 기존방식 Resolution | 제안방식 | | | | |
|--------------------|------------|----|-----|------------|-----|
| | Aux. 반영 비율 | R1 | R2 | Resolution | 비트 |
| 18bit | 10% | 1 | 9 | 18bit*10 | >21 |
| 18bit | 1% | 1 | 99 | 18bit*100 | >24 |
| 18bit | 0.1% | 1 | 999 | 18bit*1000 | >27 |

표 1에서 보는 바와 같이 저항 R_1 의 비율을 저항 R_2 대비 10%, 1%, 0.1%로 적용하여 계산한 결과 Reference의 분해능은 R_2 저항비율이 커질수록 증가하는 것을 알 수 있다.

전류정밀도 향상을 위한 새로운 D/A 설계기법은 기존의 D/A 설계기법에서 저항분배 회로를 추가하여 원하는 정밀한 출력값을 합성하는 것이다. 예를 들어 기존의 D/A 변환방식에서는 D/A Converter의 분해능이 18bit일 경우 200A 출력을 기준으로 할 때 전압분해능 0.8mV로 정해져 있다(실제의 경우 충전/방전 구분, 사용영역 제한 등으로 인해 2mA가 됨). 반면에 제안한 새로운 D/A 설계기법을 적용하면 저항 변경을 통해 Aux. Reference의 반영비율을 조정함으로써 필요수준으로 분해능 향상이 가능하여 고성능 장비에서의 전압/전류 전류정밀도를 향상시킬 수 있다.

3. Prototype 제작 및 실험

제안한 새로운 D/A 설계기법에 대한 타당성을 검증하기 위하여 그림 2와 같이 Prototype 보드를 제작하여 시험을 진행하였으며, 시험에 사용된 파라미터는 표 2와 같다.

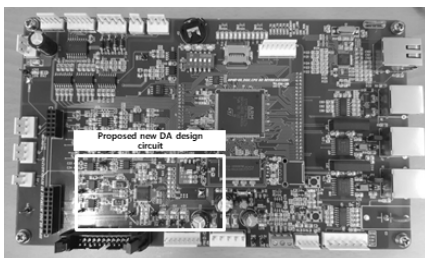


그림 2 제안한 새로운 D/A 설계회로 검증보드

Fig. 2 Proposed new D/A design circuit verification board

표 2 실험 파라미터

Table 2 Experiment parameters

| Parameter | Value |
|----------------------------------|---------|
| R1 | 100[kΩ] |
| R2 | 2[MΩ] |
| DA Converter Resolution | 16bit |
| DA Converter Analog Output Range | ±10[V] |

표 2에서 분배저항 R_2 의 크기를 R_1 보다 20배 크게 설계하여 Aux. D/A Converter의 Reference 반영비율을 약 5%로 하였다. 이 경우 Reference의 정밀도는 식 (3)에 의해 D/A Converter 분해능의 21배가 된다. D/A Converter IC의 전압 분해능은 식 (4)와 같고 Reference의 분해능은 식 (5)와 같이 계산할 수 있다.

$$D/A Converter IC Resolution = \frac{10}{2^{16}} \times 2 = 0.305 [mV] \quad (4)$$

$$Reference Resolution = \frac{10}{2^{16}} \times 2 \times \frac{1}{21} = 14.53 [uV] \quad (5)$$

표 3 실험 결과

Table 3 Experiment results

| Aux. D/A 변경값 | Reference 계산결과 | Reference 실험결과 |
|--------------|----------------|----------------|
| 0 | 2.5V | |
| + 100 LSB | 2.50145V | |
| + 200 LSB | 2.50291V | |

표 3은 Aux. D/A값 변경시 Reference의 변화를 측정된 결과이다. 초기 Reference 전압을 2.5V로 출력하는 상태에서 계측기의 측정오차를 감안하여 100LSB 단위로 Aux. D/A의 출력을 변경하여 Reference 출력값을 측정하였다. 실험결과 이론적인 계산결과와 근사치의 결과를 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서 전류정밀도 향상을 위한 새로운 D/A 설계기법을 제안하고 해석 및 실험을 통하여 제안한 설계기법의 유효성을 확인하였다. 제안한 설계기법을 적용한 실험결과 D/A Converter IC의 분해능보다 높은 분해능의 Reference를 2개의 D/A Converter 출력의 합성을 통해 출력할 수 있음을 확인하였다. 제안한 설계기법을 고성능 시험장비에 적용할 경우 저가의 낮은 분해능을 갖는 D/A Converter IC를 이용하여 장비의 Reference 전압레벨을 만족하면서 출력을 정밀하게 제어하는 것이 가능할 것으로 기대된다.

본 논문은 글로벌강소기업과제 중소기업기술정보진흥원 (Korea Technology and Information Promotion Agency for SMEs)으로 지원받아 연구되었음(과제번호 S2520154)

참고 문헌

- [1] 노의철, 정규범, 최남섭, “전력전자공학 제3판”, 2011, 문운당출판사.