

슬라이다스형 자동 전압 제어 장치에 관한 연구

김성도*, 박정호* 홍성훈*, 강문성*

* 청주대학교 전자공학과

A Study on the Slidacs type Automatic Voltage Regulator

Kim Sung-Do, Park Jung-Hoon, Hong Sung-Hoon, Kang Moon-Sung
Dept. of Electronic Eng. Chongju Univ.

※ 본 연구는 과학기술부·한국 과학재단 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원에 의한 것입니다.

Abstract - In this study, we have developed the automatic voltage regulator(AVR) with robust voltage controllability, high efficiency and low cost. In AVR, the output voltage is controlled by the Tap changing of the slidacs coil using DC motor. And AVR has the improved output voltage characteristics because of the modified configuration of a point of contact between the slidacs coil and the moving rod.

1. 서 론

최근 컴퓨터, 통신장비 및 최첨단 전자장비의 사용증가로 고품질의 신뢰성 있는 전원공급이 요구되고 있으나, 상용전원의 예기치 않은 변동으로 사용 중인 시스템이 오동작하거나 다운됨으로서 고가의 장비 및 귀중한 데이터가 손상되는 등의 각종 위험에 직면할 수 있다.

이에 따라, 부하의 중요도 및 종류에 따른 적절한 장비의 선택 및 고품질의 신뢰성 있는 전원공급 장치의 개발 필요성이 날로 증가하고 있는 실정이다. 그러나 AVR(Automatic Voltage Regulator)을 이용함으로써 안정된 양질의 전원 공급이 가능하여 이러한 문제로 인한 피해를 사전에 예방하며 피해 규모를 최소화 할 수 있다. 현재 일반가정, 사무실 및 산업현장 등에 공급되는 전원의 전압이 일정치 않거나, 부하변동에 의하여 전압이 변화하는 경우 이를 자동으로 감지하여 부하에 항상 일정한 전압의 전원을 공급할 수 있는 장치로서 디지털 제어회로를 사용한 AVR의 도입이 증가하고 있는 실정이다. 그러나 안정도와 정밀도면에 있어서 저가의 AVR들은 이와 같은 요구조건을 만족시키지 못하고 있으며, 정밀도가 높은 제품의 경우에는 고가적인 점이 도입에 제약점이 되고 있다.

현재 가장 보편적으로 사용하고 있는 AVR의 종류로서는 흔히 TSR(Triac Switching Regulator)형 이라고 하여 주 변압기의 탭에 적렬변압기를 절체용 반도체 소자인 Triac으로 연결함으로써 승압 및 감압의 동작이 되도록 구성한 방식이다. 특성으로서는 응답속도가 빠르며 자체 소음이 작다는 장점이 있으나, 노이즈의 영향이 크고 입력 파형이 그대로 출력에 전달되는 형태이므로 파형 왜곡의 위험이 크다는 점이 단점으로 부각된다. 반면 본 논문에서 연구한 슬라이다스형 AVR은 기계적인 동작으로 전압을 조정하는 방식으로, 슬라이다스의 코일과 접점재질의 마찰력으로 인하여 응답특성이 불량하고, 접점재질의 마모로 인하여 고장율이 높다는 점이 문제시되고 있는 현실이다.

따라서, 본 논문에서는 기존 TSR형의 장점은 유지하며, 슬라이다스의 코일과 출력선 가동자 간의 구조를 변경함으로써 출력 특성을 개선하여 가격경쟁력은 물론 전압제어 성능 및 신뢰성 등을 향상시킬 수 있는 디지털 제어방식 AVR에 대해 연구하였다. 전압 제어를 위하여

슬라이다스에 부착된 DC모터를 구동하여, 기준전압이 요구되는 슬라이다스 코일 tap에 가동자가 위치하도록 자동제어 하는 방식을 채택하였다. 이와같이 개선된 접점 구조를 채용한 위치 제어 방식의 AVR은 슬라이다스의 입력 접점면과 출력선가동자 사이의 기계적인 마찰을 감소시킴으로써, 기존 제품에 비해 소음이 적으며, 종래에 문제시되었던 접점재질의 마모로 인한 고장율을 감소시킬 뿐만 아니라, 입력 전압 변동에 따른 응답 속도도 향상시킬 수 있다. 또한 μ -processor를 이용한 디지털 제어 방식이므로 전압제어 정밀도를 향상시킬 수 있는 장점을 갖는다.⁽¹⁾

그리고 기존의 ON/OFF 제어 방식이 아닌 Zero Crossing 원리를 사용하여 노이즈와 부작용이 없는 AVR을 실현 가능하게 하였다. 또한 출력전압뿐 아니라 변류기를 이용하여 출력전류도 디지털방식으로 표시할 수 있게 함으로써 육안으로 확인이 가능하다. 전술한 바와 같이 마찰력을 감소시키기 위하여 접점구조를 개선함으로써 안정적인 출력전압을 얻을 수 있으며, 기존의 제품에 비해 저가, 고효율화가 가능하고, 소형, 경량화로 운반 및 설치가 용이하게 된다. 또한 응답속도가 빠르고 우수한 출력 전압특성을 가지며, 기기의 잡음 및 외부 외란에도 강한 제품으로서 안정된 동작과 수명의 연장을 기대할 수 있다.

2. AVR의 제어방식 및 구성

2.1 출력선 가동자의 위치제어

구현한 슬라이다스형 AVR의 전압 제어 방식으로서는 가동자의 위치를 자동 제어하여 전압을 제어하는 방식을 채택하였다. 그리고 슬라이다스의 출력선 가동자의 접점 구조를 개선하여 마찰력을 감소시킴으로써, 응답특성을 개선하였다. 구체적으로는 출력전압 및 전류를 제한시켜 기준전압과 비교 한 후, 전압 차가 발생하는 경우 슬라이다스에 부착된 DC모터를 이용하여 가동자의 위치를 정, 역 방향으로 구동하여 정밀하고 안정된 출력전압을 얻을 수 있도록 제어알고리즘을 구현하였으며, 이를 μ -processor에 탑재하여 제어부를 구성하였다. 또한 μ -processor의 PWM 출력을 사용하여 전력소비량을 줄였으며, Zero-Crossing 방식을 사용하여 노이즈를 감소시켰다.

AVR의 개발에 있어서 중요한 점은 출력전압의 조정을 위한 Feedback 제어방식의 구현과 출력전압의 Peak값을 정확하게 검출해 내는 것이라 할 수 있다. 이를 위하여 그림 1.에서와 같이, 전원 입력부에 트랜지스터를 이용하여 영점을 검출하였으며, μ -processor의 timer기능을 이용해 peak전압을 검출하였다.⁽²⁾

2.2 AVR의 구성

본 논문에서 설계 및 제작한 슬라이다스형 자동전압제어 장치의 전체 구성도를 그림 2.에 나타내었다.

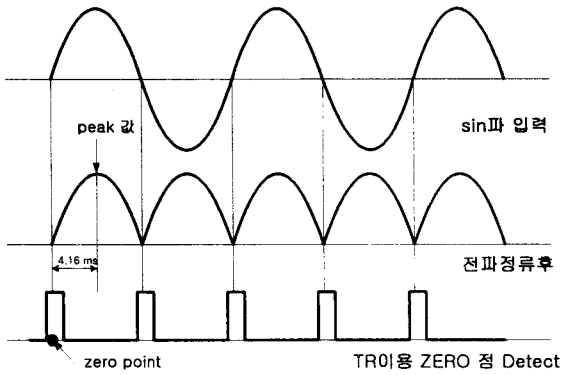


그림 1. 영점 및 peak 전압 검출

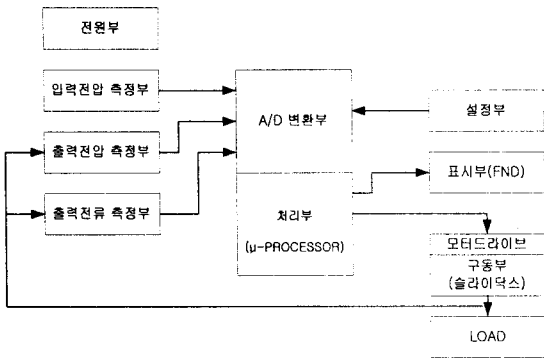


그림 2. AVR의 전체구성도

- 전원부

전원부에서는 Zero-Crossing 방식을 사용하기 위하여 TR을 이용하여 영점을 검출하였으며, 또한 시스템전원 공급용으로 사용되는 전원 5V와, 슬라이더스에 부착되어 가동자를 구동하기 위한 DC모터의 사용전원 12V의 전원을 분리하여 인가한다. 또한 모터의 전원용량 (12V/1.5A) 및 크기를 고려하여 SMPS(FLYBACK)로 설계하여 제작하였다.^[3-5]

- 전압 측정부

입력 전압 및 출력 전압을 측정하는 부분으로서, 측정된 출력전압은 기준전압과 비교되어 가동자의 위치제어 및 방향전환 여부를 결정하기 위한 정보로 이용된다. 그리고 A/D변환된 입력 및 출력전압을 정확하게 측정하기 위하여 측정부 앞단에 Watt 저항을 사용하여 측정오차를 줄였으며, 입력전원은 분리하여 측정하도록 제작하였다

- 전류 측정부

변류기(비율1000:1)를 이용하여 부하전류를 측정하는 부분이다.

- A/D 변환부

측정된 입·출력 전압의 A/D변환을 하는 부분으로서 μ -processor(PIC16C72)에 내장된 A/D모듈에 의해 이루어진다. 8bit의 분해능을 가지고 있으며, 하나의 샘플/홀드회로와 멀티플렉스된 5개의 아날로그 입력을 가지고 있는데 다섯 채널은 각각 입력 및 출력전압, 전류 입력용, 기준전압 입력용으로 사용하였으며 또한 표시부의 FND 설정 변화를 위한 키 값을 입력받는 용 등으로

모든 A/D 채널을 사용하였다.

- 처리부

A/D컨버터가 내장된 One-Chip μ -processor PIC 16C72를 사용하며, PWM(Pulse Width Modulation)출력을 출력선가동자의 위치 및 방향을 제어하는 신호로 이용하여 전력소비량을 줄인다.

또한, 처리부에서 출력전압과 기준전압을 비교한 후 그 편차를 제어정보로 하여 출력선가동자를 위치제어 하는 방식으로 전압을 제어한다. 그리고 출력전압 및 출력전류는 영점에서 4.16 ms의 시간이 경과 한 후 Peak 점에서 측정한다.^[6-8]

- 설정부

볼륨 저항을 통하여 기준전압을 외부에서 설정 할 수 있도록 구성하였다.

- 표시부

표시부의 FND구동은 동적 제어방식을 채용하며, 처리부에서 계측된 입·출력전압 및 출력전류를 표시한다. 전압 표시 범위는 150~255V이며 1V 단위로, 전류는 0~25.0A를 0.1A 단위로 표시 할 수 있도록 하였다.

- 슬라이더스 구동부

슬라이더스에 모터를 장착하여 제안한 접점구조를 사용하여 슬라이더스의 코일의 접점면과 출력선가동자와의 기계적인 마찰을 감소시켜 출력전압의 응답속도를 향상시킬 수 있도록 하였다. 또한 μ -processor의 PWM신호에 의하여 출력선가동자가 구동되며, DC모터의 구동드라이브 구성은 정·역방향 제어 및 기준전압과 비교하여 같을 경우 Break기능을 부가하여 즉시 모터구동을 멈출수 있도록 하였다.

3. AVR의 제작

슬라이더스의 접점구조를 개선함으로써, 우수한 출력특성을 갖는 슬라이더스형 AVR에 대하여 연구하였다. 제작한 슬라이더스형 AVR의 기대효과로는, 마찰력을 현격히 감소시키므로써 모터의 구동토크의 저감, 소음의 저하 및 기존 접점재질의 마모로 인한 고장율의 감소를 들수있다. 또한, 출력전압 제어 성능의 향상을 위하여 계측된 값인 입력전압, 출력전압, 출력전류의 상관 관계를 유추하여 처리부의 PWM출력을 이용하여 제어하는 알고리즘을 구현하였다. 설계 및 제작한 회로도화 Controller부를 그림3. 그림4.에 나타내었다.

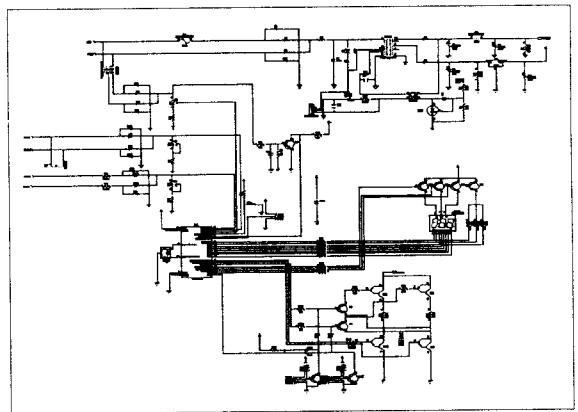


그림 3. AVR Controller부 회로도

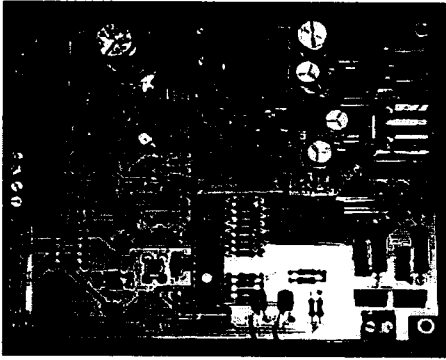


그림 4. 제작한 AVR의 Controller부

그리고, 슬라이더의 시점과 중점부에 Photo Interrupt 스위치 소자를 달아 출력선가동자가 본 부위에 닿을 때 모터 출력을 정지하도록 설계하였다. 그림 5.에 본 연구에서 설계한 메인부 프로그램 순서도를 나타내었다.

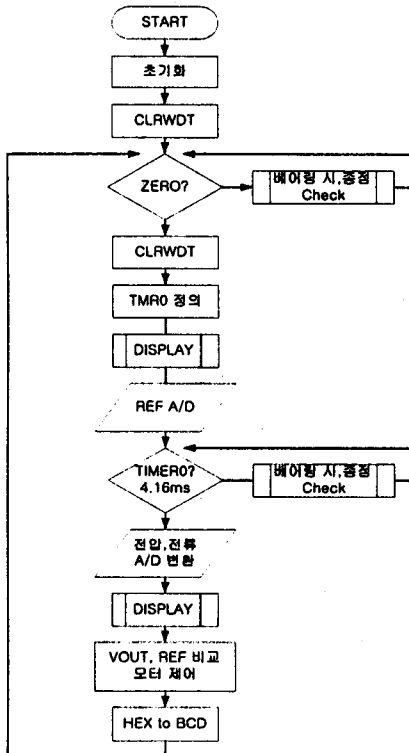


그림 5 메인부 프로그램 순서도

4. 결 론

본 논문에서 제안한 슬라이더형 AVR 방식은 흔히 습동식이라고 하며, 슬라이더를 모터로 구동하여 제어하는 방식으로 출력전압을 연속적으로 제어 할 수 있다는 장점이 있으나, 기계적인 접점을 가지고 있기 때문에 응답특성이 불량한 점을 개선하기 위하여 접점구조를 변경하였으며, 출력특성의 개선을 위한 알고리즘의 구현으로 전압제어의 정밀도 및 응답속도를 향상시킨 AVR을 제작하고 그 성능을 평가하였다.

개발한 AVR은 출력 전압 및 전류를 제한하여 기준 전

압과 비교하고 그 편차의 존재 여부에 따라 슬라이더스에 부착된 모터에 의하여 출력선가동자를 구동하여 기준 전압과 항상 일치하도록 가동자의 위치를 제어하는 방식으로 구현하였다. 본 연구에서는 전술한바와 같이 접점구조를 변경하였으나, 실험시 몇 가지 개선해야할 문제점이 발생하였다. 그 첫번째로, 제안한 슬라이더스의 접점재질의 전도성 문제를 들수있다. 전기적으로 접점재질이 지녀야 할 특성으로 아크방전이 없어야 하며, 공기 중 산화로 인하여 전기적인 저항의 상승이 없어야 하나, 접점재질은 steel 재질이므로 이와 같은 점을 만족하지 못한다. 그 두 번째는 접촉저항의 문제이다. 출력선가동자와 슬라이더스의 코일과의 접점면은 점 접점형태로 구성되는바 접촉저항으로 인한 열 발생의 구조적 문제점을 내포한다.

상기와 같은 문제점을 보완하기 위하여 현재 점접재질을 다른 전도성 높은 금속으로 대체하고, 접촉저항의 구조적인 문제도 보완하고 있는 중이다. 따라서, 향후 이러한 구조적 변형이 완결되고, 현재 구현한 알고리즘을 체계적으로 접합할 경우, 응답특성 개선 및 전력절감효과와 함께 입력 전원 및 부하변동에 상관없이 항상 일정한 양질의 출력 전압을 공급 할 수 있는 전압제어 성능이 우수한 AVR의 개발이 가능할 것으로 생각된다.

(참 고 문 헌)

- [1] 박정훈, 홍성훈, 강문성, "부하개폐기용 고전압 계측 제어 장치에 관한 연구", '98년도 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, B권, pp757-759
- [2] "Modern Control Engineering" _Third Edition OGATA, pp669-783
- [3] 전원회로 설계 마스터(정류회로에서 스위칭 레귤레이터까지), 전자기술 연구회 편, 1991,p12
- [4] 최신 전력전자 공학, 윤병도 정제륜, 1987, pp1-57
- [5] 파워 일렉트로닉스와 AC드라이브 B.K. Bose 1991, pp.15-30
- [6] 전두표, 탐시스템, "PIC 프로그래밍 응용실무", 도서출판 두남, 1997
- [7] 신철호, "원칩 마이컴 PIC16C5X 핸드북", 컴파일 테크놀로지, 1998
- [8] MICROCHIP, "EMBEDDED CONTROL HAND BOOK", Micro-chip Technology Inc., VOLUME 1., 1997