

## 출력선가동자의 구조변경에 의해 향상된 전압제어 특성을 갖는 SVR의 제작

### Fabrication of the SVR with the Improved Voltage Regulating Characteristics by the Structural Modification of the Output Wire Moving Shaft

홍성훈, 강문성

(Sung-Hun Hong and Moon-Sung Kang)

**Abstract :** We have designed and fabricated the slidacs type automatic voltage regulator(SVR) that is able to control the output voltage continuously according to load variation. Especially, the frictions between the surface of contact of the slidacs coils and the output wire moving shaft are reduced by modifying the mechanical configuration of surface of contact of slidacs from the conventional sliding one into the proposed rotary one composed of cylindrical bearing. Thus, SVR using cylindrical bearing proposed in this study has less noise than the conventional one owing to the reduction of friction, and its breakdown ratio caused by the abrasion of contact materials is reduced as well. We have designed DC motor driving circuit for controlling the output wire moving shaft, and introduced the digital control method using the pulse width modulation(PWM) output for controlling DC motor.

**Keywords :** AVR, slidacs, SVR, cylindrical bearing, DC motor

#### I. 서론

최근 컴퓨터, 통신장비등 최첨단 전자장비의 사용증가로 고품질의 신뢰성 있는 전원공급이 요구되고 있으나, 상용전원의 예기치 않은 변동으로 사용중인 시스템이 오동작하거나 다운되는 현상이 발생함으로 인하여 고가의 장비 및 귀중한 데이터가 손상되는 등 치명적인 위험에 직면할 수가 있다. 따라서 이러한 문제들로 인한 피해를 사전에 예방하고 피해 규모를 최소화하기 위하여 AVR(Automatic Voltage Regulator)의 사용이 보편화되고 있으며, 일반가정, 사무실 및 산업현장등에 고가의 AVR로부터 저가의 범용 AVR에 이르기까지 다양한 형태의 AVR이 사용되고 있다. 그러나 저가의 AVR들은 안정도와 정밀도면에 있어서 다양한 요구조건을 만족시키지 못하고 있으며, 정밀도가 높은 제품의 경우에는 고가인 점이 도입에 제약이 되고 있어, 부하의 종류 및 사용용도, 그리고 경제성을 고려하여 적절한 AVR을 선택하여야 할 것이다[1]-[3].

현재 일반적으로 사용되는 AVR은, SVR(Slidacs Voltage Regulator)과 같이 모터제어에 의한 기계적인 방법으로 전압을 제어하는 방식과 TSR(Triac Switching Regulator)과 같이 반도체 소자를 이용한 전기회로 적인 방법으로 제어하는 방식이 있다[3][4]. 기계적인 방식은 출력전압의 파형이 입력전원과 동일하여 왜곡이 없으나 기계적 접점을 갖는 구조이기 때문에 응답속도가 늦고, 소음이 발생하며, 접점재질이 쉽게 마모됨에 따라 고장율이 높다는 문제점이 있다.

한편 전기회로 적인 방법은 응답속도가 빠르고 소음이 적으나 출력 파형 왜곡의 문제가 있으며, 입력전압의 변동률이 일정범위내 일 때에만 안정적으로 동작하기 때문에 전압 변동률이 크거나 입력자체의 파형이 왜곡되어 들어 올 때, 또는 외란이나 노이즈 등이 포함되는 경우에는 출력특성이 좋지 못하다.

따라서, 본 논문에서는 각 방식의 장단점을 고려하여 고품질의 신뢰성 있는 저가의 AVR개발을 위하여 기존 SVR의 단점인 접점마모문제, 응답특성 및 속도를 개선할 수 있는 새로운 구조의 SVR에 대해 연구하여 설계 및 구현하였으며, 실험을 통해 그 성능을 검증하였다. 구현된 SVR은 슬라이다스의 코일과 출력선가동자간의 접점구조를 변경함으로써 출력특성 및 응답속도를 개선하고자 하였고, 이로 인하여 내구성의 증대는 물론 전압제어 성능 및 신뢰성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 가격 경쟁력까지 보유하므로써 상품가치가 충분할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 측정된 출력전압을 궤환하여 기준전압과 비교한 후, 그 편차에 따라 슬라이다스에 부착된 출력선가동자의 위치를  $\mu$ -processor에 탑재한 제어 알고리즘에 따라 조정함으로써 출력전압을 제어하는 방식을 채택하였다. 이와 같이 개선된 접점구조를 채용한 위치제어방식의 SVR은 슬라이다스의 입력접점면과 출력선가동자간의 기계적인 마찰을 감소시킴으로써, 기존제품에 비해 소음이 적으며, 종래에 문제시되었던 접점재질의 마모로 인한 고장율을 감소시킬 뿐만 아니라, 입력전압 변동에 따른 응답속도도 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

논문접수 : 2002. 3. 7., 채택확정 : 2002. 8. 12.

홍성훈 : 청주대학교 전자공학과(h0914@chongju.ac.kr)

강문성 : 청주대학교 전자공학과(kanms@chongju.ac.kr)

\* 본 논문은 과학기술부·한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신연구센터에서 지원하여 연구하였습니다.

#### II. SVR의 구조설계

1. 제안된 출력선가동자의 구조 및 특성

전술한 바와 같이 SVR은 슬라이다스를 모터로 구동하여 제어하는 방식으로서, 입·출력 전압파형의 왜곡이 없다. 그러나 기존의 SVR은 구조적으로 슬라이다스 코일과 제어용 핸들에 고정된 접점면간에 기계적 마찰이 발생할 수 밖에 없는 형태이며, 그 핸들은 모터로 제어한다. 이러한 기계적 접촉을 하는 기구형태로 인하여 출력전압의 응답속도가 늦어지며, 접점재질의 마모로 인한 고장이 문제점으로 대두된다.

본 연구에서는 상기와 같은 문제점을 해결하고 슬라이다스 코일과 제어용 핸들 접점면간의 접촉저항을 줄이기 위하여 접점재질 및 접점구조를 개선하였다. 우선 접점재질이 가져야 할 전기적 특성으로서는 아크방전이 없고 공기중 산화로 인한 전기저항의 상승이 없어야 하며, 반면 슬라이다스의 코일과 코일사이에 출력선가동자가 위치할 경우의 단락현상을 없애기 위한 일정량의 저항값을 가져야 한다. 이에 스위치등의 접점으로 금·은등을 사용하나 모터 및 슬라이다스용의 접점으로는 일반적으로 가격면이나 실용면에서 기계적 강도와 열전도도가 크고 열팽창률이 작으며 전기전도도가 좋고 마찰계수가 매우 적으면서 산화에 의한 변질이 적은 흑연을 많이 사용한다.

본 논문에서는 슬라이다스의 출력선가동자(제어용 핸들에 상응함)의 접점구조를 기존의 sliding구조에서 원통형 베어링을 이용한 회전 구조로 변경함으로써 슬라이다스의 입력 접점면과 출력선가동자간의 기계적인 마찰을 감소시켜 접점재질의 마모를 현격하게 줄이고, 응답속도를 빠르게 하였으며, 베어링 돌래는 흑연으로 감싸 기계적, 전기적 특성을 개선시켰다. 표 1에 3kW 용량의 기존SVR과 베어링을 이용한 SVR의 마찰력과 토크 특성을 나타내었다.

표 1. 마찰력과 토크의 비교.

Table 1. Comparison of frictional forces & torques.

항목 \ 종류	기존 SVR	베어링을 이용한 SVR
최대정지마찰력	5.08 N	0.55 N
운동마찰력	4.00 N	0.29 N
기동토크	46.99 N·cm	5.09 N·cm
구동토크	37.00 N·cm	2.68 N·cm

이와 같이 마찰력을 현격히 감소시킴으로써 모터의 구동토크가 저감되며 소음저하 및 기존 접점재질의 마모로 인한 고장율을 줄일 수 있다. 그리고 구동모터의 용량을 저감시킬 수 있어 SVR의 전체크기를 줄일 수 있다.

그러나, 제안한 출력선가동자와 슬라이다스 코일간의 접점형태는 기존의 면접점형태에서 선접점형태로 바뀌는데 부하용량이 커진다면 접촉저항으로 인한 열발생의 구조적 문제점을 내포한다. 따라서, 본 연구에서는 제어 정밀도 및 접촉저항의 양측면을 모두 고려하여 그림 1에서 보는 바와 같이 원통형 베어링의 길이를 9.5[mm]로 정하였다. 그러나 길이를 17.5[mm]까지 증가시킬 수 있으므로 부하용량을 확대할

수 있다.

2. SVR의 전체 구조

제안한 접점구조를 갖는 SVR의 전체 사시도를 그림 2에 나타내었고, 평면도를 그림 3에, 그림 4에 제작한 모터가 부착된 슬라이다스 사진을 나타내었다.

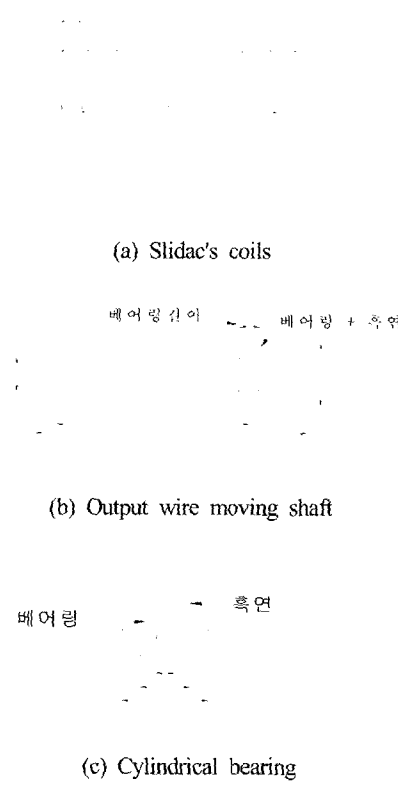


그림 1. SVR의 각 구성요소의 규격.

Fig. 1. Specifications of SVR's components.

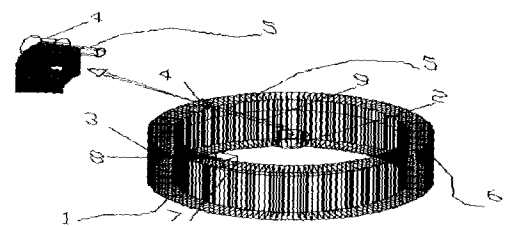


그림 2. SVR의 사시도.

Fig. 2. Squint figure of SVR.

SVR에 있어서 슬라이다스(용량 3KW)(3)는 설계 제작하였고, 원통형 베어링(4)은 전도성을 향상시키기 위하여 은으로 도금하였으며, 전기적 특성을 고려하여 인조흑연으로 도포하였다. 구동장치로서 정격 12V의 DC모터(2)를 사용하였고, 베어링과 모터의 연결부인 샤프트(9)는 황동 재질을 사용하여 전도성 및 내구성을 고려하였다. 또한, 샤프트(9)에 연결된 출력선(5)과 공통선(1)을 통해 가변되는 출력전압을 얻을 수 있다. 그리고 출력선가동자의 이탈을 방지하기 위

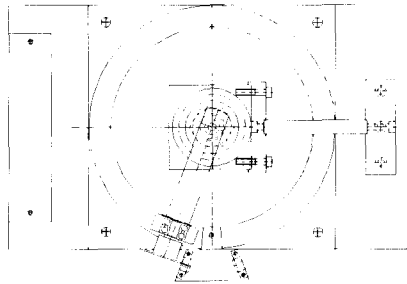


그림 3. SVR의 평면도.  
Fig. 3. Plane figure of SVR.

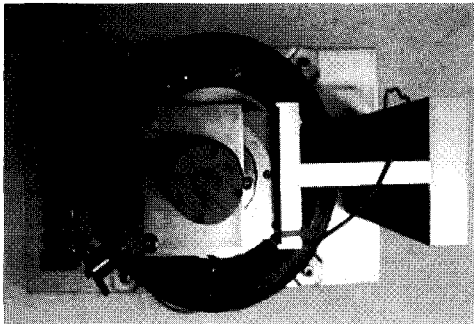


그림 4. 제작한 SVR.  
Fig. 4. Fabricated SVR.

하여 Photo Interrupt를 부착한 시점 이탈 방지막(8)과 종점 이탈 방지막(7)으로 구성된다.

### III. SVR의 제어방식 및 구성

#### 1. 출력선가동자의 위치제어

SVR은 출력선가동자의 위치제어에 의해 출력전압을 제어하는 방식을 채택하였다. 이를 위하여 측정된 출력전압을 캐환시켜 기준전압과 비교한 후 전압차가 발생하는 경우 슬라이더스에 부착된 DC모터를 정역방향으로 구동하여 출력선가동자의 위치를 제어할 수 있는 제어알고리즘을 구현하였다. 그리고 이를  $\mu$ -processor에 탑재하고, 제어알고리즘에 따라 적절한 PWM출력을 생성하여 DC모터에 제어신호로 인가한다.

전술한 바와 같이 출력선가동자의 위치제어의 정밀도를 향상시킬 수 있기 위해서는 적절한 제어기의 구현과 제어 정보인 출력전압의 정확한 검출이 이루어 져야 한다. 이에 제어기로서는 비례제어기를 선택하였으며, 여타의 제어기에 관해서는 별도의 연구과제로 남겨 두기로 한다. 그리고  $\mu$ -processor에 내장된 8비트의 분해능을 가진 A/D컨버터에 의해 변환된 이산신호 데이터에서 peak전압을 검출하고 이를 다시 RMS값으로 환산하여 출력전압 정보로 이용하는데, 그림 5에서 보는 바와 같이 peak전압이 발생하는 시점은 영점에서 4.16ms경과한 시점이 되며, 이는 설계한 그림 6의 검출회로를 이용하여 검출한다. 즉, 다이오드를 거쳐 전파 정류된 신호가 트랜지스터(TR)의 베이스 단자에 들어올 때 TR을 구동하기 위한 베이스와 에미터간의 최소전압(약 0.7V) 보다 작게 되면 TR이 OFF되어  $\mu$ -processor에 HIGH 신호로

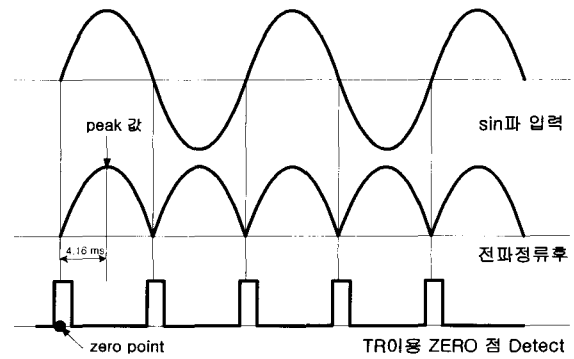


그림 5. 영점 및 peak 전압 검출.  
Fig. 5. Detection of voltage's zero point and peak point.

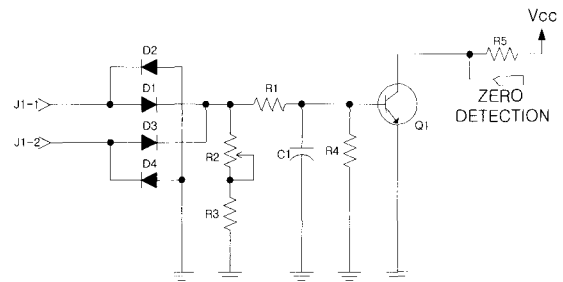


그림 6. 검출회로.  
Fig. 6. Detection circuit.

입력이 되고, 최소전압을 넘게되면 TR이 ON되어 LOW 신호로 입력된다. 이때 TR의 출력이 HIGH에서 LOW로 변하는 시점을 영점으로 하고,  $\mu$ -processor의 timer기능을 이용하여 4.16ms가 경과한 시점의 전압을 peak전압으로 하였다. 또한, 외부 노이즈나 이상신호에 의한 출력전압 측정의 부정확성을 보상하기 위하여 연속적으로 8회에 걸쳐 측정된 전압 데이터를 메모리에 저장한 후, 이들 데이터의 이동평균값(moving average)을 구하여 출력전압정보로 이용한다. 이와같이 하여 얻어진 현재 출력전압과 기준전압을 고려하여 PWM 제어 출력량을 결정한다. 그리고 DC모터의 회전방향 제어신호를 인가함에 있어서 현재의 회전방향을 고려할 수 있는 알고리즘을 적용하였다. 즉 출력전압과 기준전압이 일치하면 브레이크기능이 작동하며, 두전압이 일치하지 않으면 다음의 두가지 방법으로 제어를 한다. 먼저, 현재의 모터 회전방향과 제어할 회전방향이 일치하지 않는 경우에는 우선 모터에 브레이크기능이 작동하도록 한 후 다음 반주기(8.3ms)중에 편차전압을 고려하여 출력선가동자의 위치제어를 하게 된다. 그리고 회전방향이 일치하는 경우에는, 브레이크동작없이 바로 편차전압에 따라 위치제어를 한다. 따라서, 관성에 의한 오실레이션을 최소화하고 외부 진동 등에 의한 미끄러짐을 방지할 수 있으므로 속응성의 향상과 안정적인 출력특성을 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 순간적이면서 빈번한 회전방향 변경에 의한 점접점질(인조축연)의 마모문제를 현저히 감소할 수 있으며, 모터의 과부하와 모터 드라이브 회로의 파손을 방지하여 내구성의 향상 및 가격저감이 가능해 진다.

한편, PWM출력은 기준전압과 출력전압의 편차를 E(t)라고 하였을 때, E(t)의 변화량에 따라 PWM의 DUTY비를 변화시켜 결정한다. 영점에서 4.16ms가 지난 시점에서 제어정보로 사용되는 출력전압을 검출한 후, 다음 영점이 시작되기 전에 제어출력이 인가된다. 그러므로 전체 한루턴의 시간이 약 8.3ms가 됨을 고려하여 PWM의 주파수를 1kHz, 주기 1ms로 정하였다. 그리고 슬라이더스의 가동자 위치제어용 모터의 기동토크를 고려하여 기동시의 PWM DUTY비를 결정하는 것이 대단히 중요하다. 이때, 모터 기동토크를 찾기 위하여 PC와 에뮬레이터인 MR.PIC를 이용하였다. 구체적인 방법으로는 PWM 주기를 1ms로 고정한 후 스위치를 사용하여 PWM DUTY비를 1%씩 연속적으로 증가시켜 가며 기동토크를 발생할 수 있는 PWM DUTY비[%]를 찾는 방법을 채택하였고, 이를 토대로 부하 실험을 통해 기동토크를 조정하였다. 또한, 비례제어기에 있어서 비례계수 역시 상기와 같은 실험적 방법으로 오버슈트와 속응성등의 응답특성을 고려하여 적절한 계수를 찾아 알고리즘에 적용하였다. PWM DUTY비[%]는 다음 표 2로 부터 구할 수 있다.

표 2. PWM DUTY 비.  
Table 2. PWM DUTY RATE.

E(t)[V]	PWM DUTY RATE(%)	모터회전방향
E(t)<-34	-100	CCW
-34 ≤ E(t) < -2	-[ E(t) *P/255+a]*100	CCW
-2 ≤ E(t) ≤ 2	0	BREAK BAND
2 < E(t) ≤ 34	[E(t)*P/255+a]*100	CW
E(t)>34	+100	CW
비 고	E(t) = 출력전압 - 기준전압(전압은 RMS값) P = 4 : 비례계수 a = 120/255 : 모터 기동토크 발생을 위한 PWM DUTY RATE	

2. SVR의 구성

본 논문에서 제안된 SVR의 전체 구성도를 그림 7에 나타내었고, 주요부분의 설계사양 및 기능을 아래에서 설명하였다.

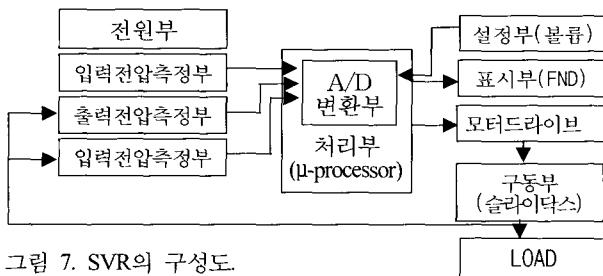


그림 7. SVR의 구성도.  
Fig. 7. The configuration of SVR.

2.1 전원부

시스템전원으로 공급되는 5V전원과 출력선가동자를 구동하기 위한 DC모터 전원 12V를 분리하여 인가할 수 있도록 하였다. 그리고 전원부 회로는 SMPS(FLYBACK 컨버터)로

구성하였으며[5]-[8], SMPS의 용량은 모터의 용량(12V/1.5A) 및 크기를 고려하여 선택하였다.

2.2 측정부(전압, 전류)

입력전압 및 출력전압과 전류를 측정하는 부분으로서, 255V까지의 아날로그 전압신호를 디지털 신호로 변환하기 위하여 저항분배 방식으로 신호를 축소하여 A/D 변환부에 보내준다. 그리고 변류기(비율1000:1)를 이용하여 출력전류를 측정할 수 있도록 하였다.

2.3 A/D 변환부

μ-processor (PIC16C72)에 내장된 A/D모듈에 의해 이루어진다. 8bit의 분해능을 가지고 있으며 Iscale을 1V 단위로 하여 최대 255V까지 측정할 수 있도록 하였고, 하나의 샘플/홀드회로와 멀티플렉스된 5개의 아날로그 입력채널을 가지고 있는데 5개의 채널은 각각 입력 및 출력전압, 전류입력, 기준전압 입력용으로 사용하였다. 또한 표시부의 FND 설정 변화를 위한 key값을 입력받는 용도로 모든 A/D채널을 사용하였다.

2.4 처리부

A/D컨버터가 내장된 One-Chip μ-processor PIC16C72를 사용하며, 검출된 입·출력전압의 peak값을 이용하여 출력선 가동자의 정확한 위치제어신호를 발생시킨다.

2.5 설정부

볼륨저항을 통해 기준전압을 외부에서 설정할 수 있도록 구성하였으며, 사용자가 AC 전압 0V ~ 255V범위에서 설정할 수 있다.

2.6 표시부

처리부에서 전송된 데이터를 받아 FND와 LED를 구동하여 표시하도록 하였다. FND구성은 각 입력전압, 출력전압, 출력전류의 표시를 위해 3digit×1개로 되어있다. 또한, LED는 key값에 의해서 작동되며 사용자가 원하는 계측데이터를 보고자 할 때 해당되는 LED에 표시되도록 하였으며, 총 3개로 구성하였다. 전압 표시 범위는 0~255V이며 1V 단위로, 전류는 0~25.0A를 0.1A 단위로 표시할 수 있도록 하였다. 표시부의 FND구동은 동적 제어방식을 채용하므로써 데이터가 끊김없이 연속적으로 표시되도록 한다. 여기서 FND의 DATA 갱신은 매회 A/D값의 변화에 따라 가능하나, 사용자의 확인이 가능하도록 DATA갱신은 1초에 1회씩 이루어 지도록 하였다.

2.7 슬라이더스 구동부

슬라이더스에 모터를 장착하고, 제안한 접점구조를 사용하여 슬라이더스의 코일 접점면과 출력선가동자와의 기계적인 마찰을 감소시켜 출력전압의 응답속도를 향상시킬 수 있도록 하였다. 또한, 처리부에서 전송된 제어신호를 모터 구동회로의 PWM부에 인가하여 출력선가동자를 구동하며, 정·역방향 제어 및 Break기능을 갖도록 구성하였다. 그림 8에 제작한 SVR Controller부의 사진을 실었다.

IV. 실험 및 고찰

1. 부하변동에 따른 출력특성

설계 제작한 SVR의 부하특성을 실험하기 위해 부하종류로는 전동부하(220V/60W)와 유도부하인 AC모터를 사용

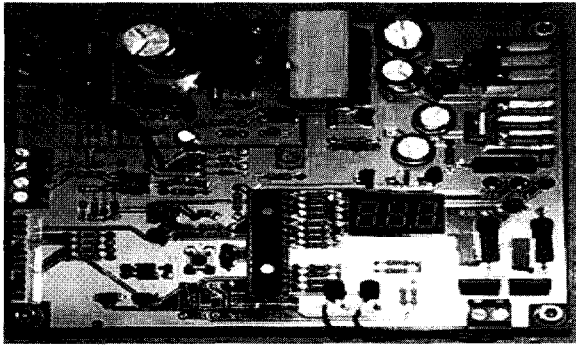


그림 8. 제작한 SVR의 Controller부.  
Fig. 8. Controller of fabricated SVR.

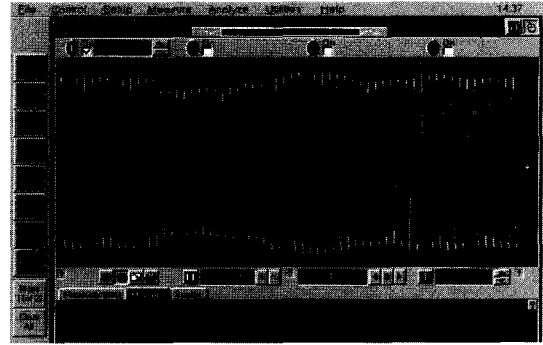


그림 11. 유도부하시 출력전압 파형(Oscilloscope).  
Fig. 11. Output voltage waveforms with induced load.

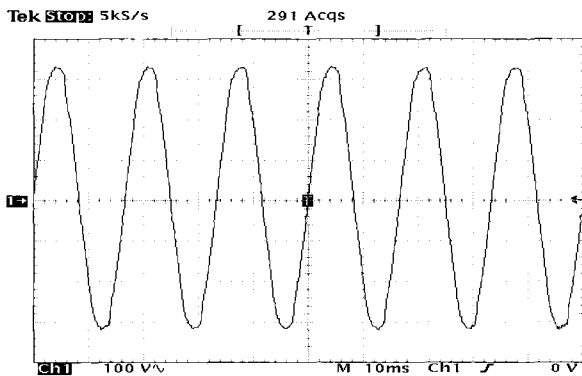


그림 9. 전등부하시 출력전압 파형(Oscilloscope).  
Fig. 9. Output voltage waveforms with electric light load.

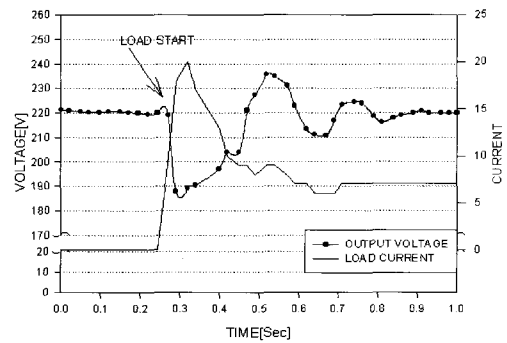


그림 12. 유도부하시 출력전압 특성.  
Fig. 12. Output voltage characteristics with induced load.

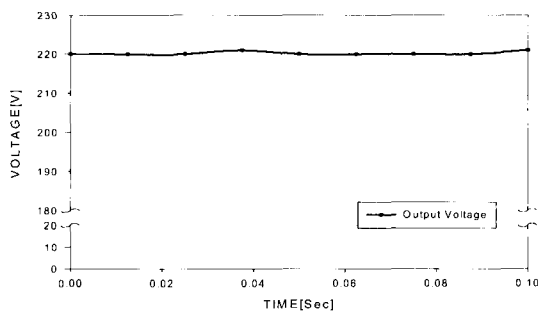


그림 10. 전등부하시 출력전압 특성.  
Fig. 10. Output voltage characteristics with electric light load.

하였다. 이때 AC모터는 정격전류 1A(220V/150W급), 정격전류 3A(220V/250W급), 및 정격전류 7A(220V/750W)의 3종류를 선정하였다. 또한, 출력특성 및 노이즈의 영향을 살펴보기 위하여 oscilloscope에 의한 파형측정뿐만 아니라, oscilloscope로 측정한 전압데이터를 PC로 다운받아 RMS값으로도 변환하였다. 먼저 전등부하를 인가하였을 때의 출력파형을 그림 9에 나타내었고, 그 RMS값은 그림 10에 나타내었다. 그리고 무부하상태에서 출력이 정상상태를 유지하

고 있을 때, 유도부하인 정격전류 7A의 AC모터를 순간적으로 기동시켰을 때의 출력 전압파형 및 부하전류의 변동특성을 그림 11과 그림 12에 나타내었다. 그림 9 및 10에서 보는 바와 같이 전등부하를 투입한 경우는 부하용량이 작아 출력특성에 미치는 영향이 미약하여, 출력전압은 기준전압 220V를 잘 추종하고 있음을 알 수 있다. 한편, 정상상태에서 순간적으로 유도부하를 인가한 경우에는, 그림 11과 그림 12에서 보는 바와 같이 기동시작 0.3초 부근에서 약 20[A]의 모터 기동전류로 인하여 언더슈트가 발생하고 0.5초~0.6초 사이에 최대오버슈트가 생긴 후 약 0.8초에서 정상상태에 도달하며, 정상상태 오차는 약 0.9%이었다. 이와 같이 약 20[A]의 기동전류가 발생함에도 불구하고 제어기의 전압제어 특성이 대단히 우수함을 알 수 있다. 그리고 제안한 점점구조 형태의 열적 안정성과, 점점제일인 인조흑연의 마모 문제점을 장시간 실험실험을 통해 확인한 결과 자동전압제어장치의 성능 및 안정성에 거의 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

2. 입력전압 변동에 따른 출력특성

입력전압 변동에 따른 출력특성을 알아보기 위하여, 슬라이더를 이용하여 상용전원의 전압변동이 인위적으로 발생하도록 하였다. 이와같이 입력전압의 변동이 일어나는 경우에 부하 및 무부하시 각각의 출력응답 특성에 대하여 실험을 하였다.

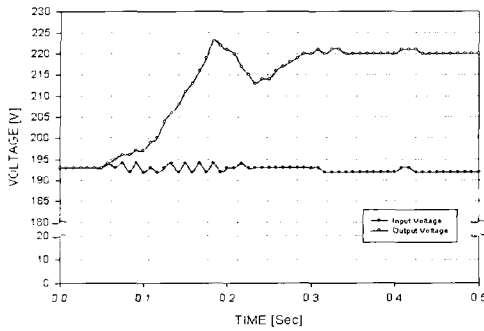


그림 13. 무부하시 출력전압 특성. (입력 190V)  
 Fig. 13. Output voltage characteristics without load. (input190V)

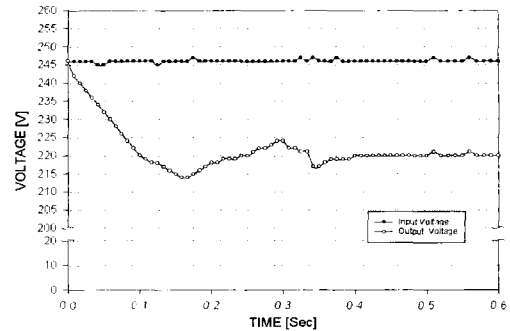


그림 15. 무부하시 출력전압 특성. (입력 250V)  
 Fig. 15. Output voltage characteristics without load. (input250V)

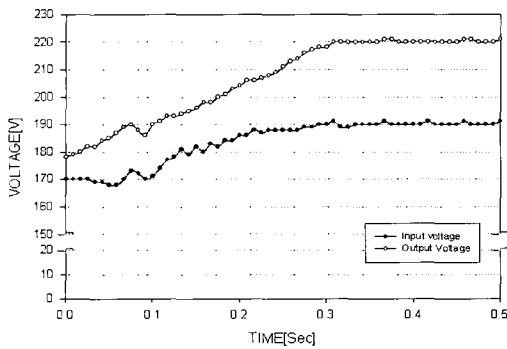


그림 14. 부하시 출력전압 특성. (입력 190V)  
 Fig. 14. Output voltage characteristics with load. (input 190V)

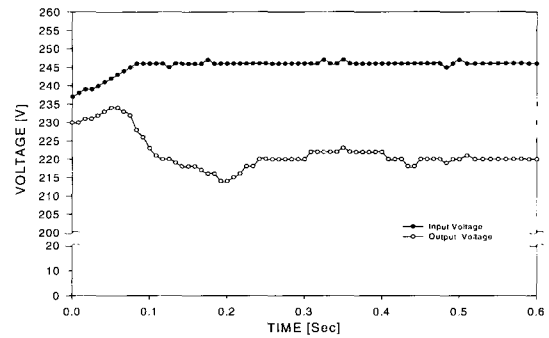


그림 16. 부하시 출력전압 특성. (입력 250V)  
 Fig. 16. Output voltage characteristics with load. (input 250V)

먼저 입력전압을 190V~250V범위에서 약 10V간격으로 증가시켜 가며 무부하상태와 유도부하를 인가하였을 때의 출력응답 특성을 10회에 걸쳐 조사하였다. 유도부하로는 부하실험에서와 같은 사양의 AC모터(정격전류7A)를 사용하였다. 실험방법으로는 무부하상태와 유도부하상태로 나누어 슬라이더를 이용하여 입력전압을 약 190V로 고정된 후, 출력선가동자의 초기위치를 저전압(약 190V)쪽으로 놓고 전원을 OFF시킨다. 그리고 가동스위치를 ON시켰을 때 출력선가동자의 동작에 의해 변화되는 각각의 출력 전압특성(무부하, 유도부하)을 oscilloscope로 측정하였다. 그 결과 파형의 RMS값을 구하여 그림 13과 그림 14에 나타내었다. 또한 상기와 같은 방법으로 입력전압을 약 250V로 고정된 후, 출력선가동자의 초기위치를 고전압(약 250V)쪽으로 하고 가동자의 위치에 따른 출력 전압파형의 변화모습을 측정하였으며, 각각의 RMS값을 그림 15와 그림 16에 나타내었다. 지면관계상 모든 파형그림을 실지 못하고, 입력전압이 저전압에 해당되는 190V와 고전압에 해당되는 250V일 때의 파형만 대표적으로 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 대부분의 출력특성은 입력전압의 변동이나, 부하에 관계없이 0.3초~0.5초(기준제품 2~3초)내에 기준전압인 220V에 수렴하며 정상상태오차도 2V (0.9%, 기준제품 2%)이내를 유지하는 것으로 측정되어 전압제어 정밀도가 대단히 높음을 확인할 수 있었다[9][10].

일반적으로 기존의 자동전압제어장치가 안정적인 출력특성을 가지기 위해서는 입력전압의 변동 허용범위가 한정적

이라는 제약점을 가진다. 따라서 본 실험에서는 개발한 SVR의 입력전압의 변동에 따른 출력전압의 안정도를 평가하기 위하여 입력전압을 슬라이더를 이용해 순간적으로 저전압에서 고전압으로, 또한 고전압에서 저전압으로 변화시켜가며 출력특성을 조사하였다.

그림 17은 입력전압을 저전압에서 고전압으로 가변하였을 때의 출력전압의 추종특성을 나타내며, 그림 18에 반대경우의 출력 추종특성을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 순간적인 입력전압의 변화에도 불구하고 출력전압은 거의 일정함을 알 수 있다. 따라서 입력전원의 전압변동이 극심하여도 출력특성이 안정적일 것으로 기대되며, 정상상태에서도 입력전압의 미세한 변화에 즉각 반응하는 출력특성을 가지므로 속응성 또한 뛰어남을 확인할 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 부하변동에 따라 연속적으로 전압제어가 가능한 슬라이더형 자동전압제어장치(SVR)를 설계 및 구현하였다. 특히 기존 SVR의 점접구조를 기존의 sliding구조에서 원통형 베어링을 이용한 회전구조로 변경함으로써, 슬라이더의 입력접점면과 출력선가동자간의 기계적인 마찰을 현격히 감소시켰다. 이와 같이 개선된 점접구조를 채용한위치제어 방식의 SVR을 구현함으로써 기준제품에 비해 종래에 문제시되었던 점접제질의 마모를 감소시킬 뿐만 아니라, 입력전압의 변동에 따른 응답속도도 향상시킬 수 있다.

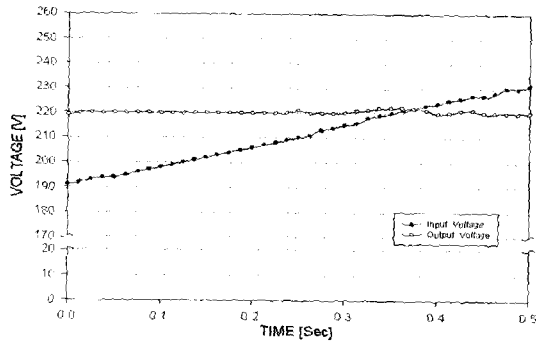


그림 17. 입력변화에 따른 출력특성.(저→고)  
 Fig. 17. Output characteristics according to input variation. (low →high)

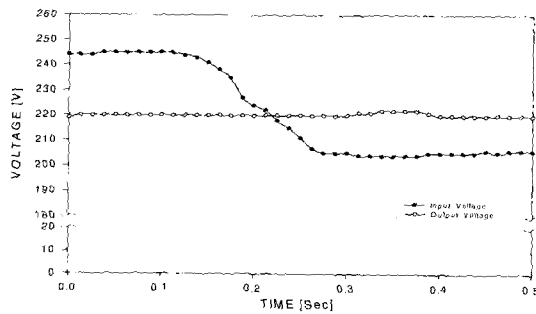


그림 18. 입력변화에 따른 출력특성.(고→저)  
 Fig. 18. Output characteristics according to input variation. (high →low)

그리고 출력전동자를 제어하기 위한 DC모터 구동 회로를 구현하였으며, DC모터 제어를 위하여  $\mu$ -processor의 PWM 출력을 이용한 디지털 제어방식을 도입하였다.

개발된 SVR의 성능평가를 위하여 저항부하 및 유도부하

를 이용하여 입력전압 변동에 따른 출력전압 제어특성을 조사·분석하였다. 그 결과, 출력전압 제어의 정밀도가 향상되어 부하변동에 따른 출력전압 변동률이 대단히 작음을 알 수 있었으며, 또한 전압제어 속도가 개선되므로써 출력전압을 신속히 안정화 시킬 수 있음을 확인하였다.

**참고문헌**

- [1] 김성도, 박정훈, 홍성훈, 강문성, "슬라이닥스형 자동 전압제어장치에 관한 연구", 2001년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, D권, pp. 2066-2068, 2001
- [2] S.-D. Kim, J.-H. Park, S.-H. Hong, M.-S.Kang, "A study on the slidacs type automatic voltage regulator having the improved output characteristics", 2001 International Conference on Control, Automation and Systems(ICCAS 2001), D-TEM-05, 2001.
- [3] 김성도, 박정훈, 홍성훈, 강문성, "Zero-Crossing 방식을 사용한 자동전압제어장치에 관한 연구", 2001년도 한국정보처리학회 학술대회 논문집, pp. 118-122, 2001.
- [4] S. M. Hietpas and M. Maden, "Automatic voltage regulator using an AC Voltage-Voltage converter" IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 36, No. 1, pp. 33-36, January/February 2000.
- [5] MICROCHIP, EMBEDDED CONTROL HANDBOOK Micro-chip Technology Inc. Vol 1, 1997.
- [6] 박정훈, 홍성훈, 강문성, "부하개폐기용 고전압 계측 제어 장치에 관한 연구", '98년도 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, B권, pp. 757-759, 1998.
- [7] B.K. Bose, 파워 일렉트로닉스와 AC드라이브, pp. 15-30, 1991.
- [8] 전자기술연구회편, 전원회로 설계 마스터(정류회로에서 스위칭레귤레이터까지), 1991.
- [9] <http://www.daelimec.co.kr/>
- [10] <http://www.avrups.co.kr/>



**홍성훈**

1967년 9월 14일생. 1992년 청주대학교 물리공학과 졸업. 1997년 청주대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전자공학과 박사과정.



**강문성**

1954년 12월 2일생. 1978년 한양대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 일본 교토대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1979년~1991년 한국전력공사 선임연구원. 1991년~현재 청주대학교, 전자공학과 부

교수.