

IGBT를 채용한 무정전전원공급장치 개발에 관한 연구

백병산[○], 김연중, 한기준, 류승표, 민병권
현대중전기(주) 기술연구소

A STUDY ON DEVELOPMENT OF UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY ADOPTED
INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTORS

B.S.BAEK, Y.P.KIM, G.J.HAN, S.P.KYU, B.G.MIN

HYUNDAI ELECTRICAL ENGINEERING CO., LTD.

RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER

ABSTRACT

In this paper, a newly developed uninterruptible power supply adopted insulated gate bipolar transistors (IGBT'S) is introduced. The focus is on harmonic reduction, high efficiency and so on. The overview, hardware and software of the newly developed ups system are also discussed. Finally, the merit of the newly developed ups compared with conventional ups is described.

I. 서 론

최근, 컴퓨터, 정보통신 분야의 급속한 진전으로 무정전 전원공급 장치(Uninterruptible Power Supply)의 중요성과 수요의 증대로 UPS에 대한 기술개발이 활발히 추진되고 있다. UPS의 최근 기술동향은 고속 스위칭의 파워 디바이스와 마이크로 일렉트로닉스(ME)의 급속한 기술의 진보로 제품의 고성능화, 소형 경량화, 고신뢰도와 및 저가격화에 박차를 가하고 있는 추세이다.

금번, 본 연구실에서는 UPS의 품질을 좌우하는 인버터 부의 스위칭 소자로서 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistors)를 채용하여 시스템 효율을 증가시키고, 또한 출력단의 필터의 크기를 작게 할 수 있으며 변압기의 설계물 용이하게 하기위하여 스위칭 주파수를 높이고, 제어회로에 마이크로 프로세서(Microprocessor)를 이용하여 제어회로를 간단히 함과 동시에 신뢰도를 향상시켰다.

그리고 사용자의 기호에 맞춰 기존의 제품보다 소형화시키고, 운전 및 조작을 간단하고 편리하게 하였으며, 가동 및 유지상태를 알수 있는 자기진단기능을 향상시켰다.

본 논문에서는 개발한 UPS의 개요와 전력회로, 제어회로, 반도체 소자 구동회로 및 자기진단 회로등의 하드웨어와, 소프트웨어를 기술하고, 그의 실험결과를 나타내었다.

II. IGBT를 채용한 무정전 전원 공급장치

1. UPS시스템의 개요

UPS 시스템은 그림1에 나타낸 바와 같이 상용 교류를 직류로 변환하는 정류기(Rectifier), 상용 교류정전일때에 에너지원이 되는 축전지(Battery), 직류를 정전압 정주파수의 교류로 변환하는 인버터(Inverter) 그리고 인버터 출력전원과 상용전원으로 순간없이 절체시키기 위한 정지 스위치(Static Switch)로 구성되어 있다.

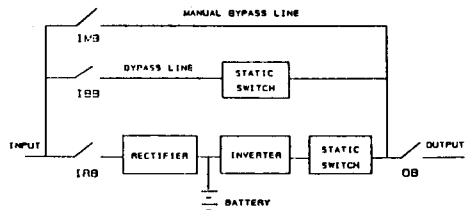


그림 1. UPS 시스템의 기본 구성

그림에서 정상시에는 I3B를 거쳐 정류기와 인버터를 통과하여 부하에 전력이 공급된다. 정류기의 직류출력은 인버터쪽으로 공급되지만 또한 축전지를 충전시킨다. 이때 정전이 되거나 정류기에 이상이 발생되면 축전지의 직류 전압이 인버터에 공급되어 부하에 순간없이 지속적으로 전력을 공급한다. 정상 운전중 인버터에 이상이 발생되면 교류 입력전원은 I1B 스위치와 바이패스 라인의 정지 스위치를 거쳐 순간없이 부하에 전력을 공급한다. 이때 정류기는 정상적으로 동작하여 축전지를 계속 충전시킨다. 수동 바이패스 라인(Manual By-Pass Line)은 UPS를 완전히 분리시켜 보수할때 이용된다.

2. 개발 UPS SYSTEM의 구성

개발 UPS 시스템의 전력회로 구성도는 그림 2와 같다. 상용 3상 전원 220V 교류를 입력으로 이용하며, 정류기 전단에 Commutating inductance를 사용하여 입력전압의 반전에 의해 자동차단되는 자연전류(Natural Commutation) 방식을 채택하였다.

정류기부에서는 스위칭 소자로서 사이리스터를 사용하여 3상 브릿지 전파정류를 통해 직류전원을 만든다. 사이리스터

는 게이트의 턴온 시간을 제어하여 출력에 원하는 직류 출력 레벨을 유지한다. 이를 점화각 제어방식이라 하며 각상에 대해 일정간격을 유지하며 직류전원을 제어할 수 있다. 이와같은 전파 정류에 의해 만들어진 직류전원은 인버터에 공급되고 또한 축전지에도 에너지를 충전시킨다.

정전시 무순단 전원공급을 위해 축전지를 설치하였으며, 정전이 되었을 경우 인버터부에 축전지의 에너지를 공급하여 부하에 무순단으로 전원을 공급한다.

인버터단은 고조파의 영향을 줄이고 스위칭 손실을 줄이기 위한 방법으로 스위칭 소자로서 IGBT를 채용하였다. 이는 스위칭 주파수를 높일 수 있기 때문에 후단의 필터를 작게해서 저차 고조파를 제거할 수 있으며 출력단 변압기의 설계도 용이하게 되고 파형왜음도 높일수 있는 장점을 가지고 있다.

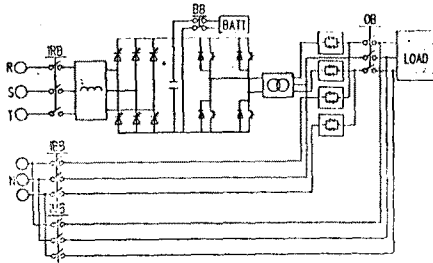


그림 2. 개발 UPS 시스템의 전력회로 구성도

인버터 출력단에는 파형의 찌그러짐을 개선하기 위해 필터를 설치하여 상용 전원보다 양질의 전기를 부하에 공급하게 된다. 인버터의 출력단과 부하단사이에는 부하단 이상시 역전류에 의해 인버터부가 파괴되는 것을 보호하기 위한 정지 스위치가 설치되어 있으며, 이는 시스템 전체를 자동 절체하는 기능을 가지고 있다. 또한 바이패스단에는 무순단 전원공급을 위해 반도체 스위칭 소자를 사용하여 순간급전을 제어할 수 있게 되어 있다.

3. 제어회로

3-1. 정류기부

그림 3은 정류기부의 전체적인 구성도를 나타내고 있다. 입력전압 3상, 220V를 받아서 사이리스터 브릿지 정류기를 통하여 출력으로 직류전압을 각각 인버터부와 축전지에 공급한다. RCU(Rectifier Control Unit)에 공급되는 전원은 3상, 220V의 전원을 3상, 40V로 강압시켜 각 유니트에 직류 12V 전원과 Gate Trigger용 직류 DC 24V 전원에 공급된다.

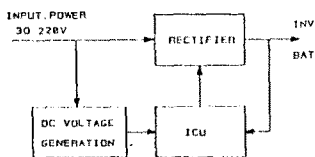


그림 3. 정류기부 구성도

3.1.1 RCU(Rectifier Control Unit)

RCU는 정류기의 출력의 상태를 검출하여 정류기를 제어하는 유니트이다. 그림 4와 같이 직류전원 (+12V, +24V) 생성부분, 입력전원감시부분, 출력상태검출부분, 사이리스터 트리거 펄스 발생부분 그리고 자기진단 및 이상시 안전 동작 할수 있도록 하는 보호회로등으로 구성되어 있다.

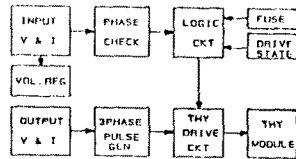


그림 4. RCU 회로 구성도

3.2 인버터부

그림5는 인버터부의 전체적인 구성도를 나타내고 있다. 그림과 같이 정류기 직류출력은 인버터와 출력단 변압기를 통과하여 양질의 교류전으로 변환되어 부하측으로 보내진다. 이때 인버터의 제어는 ICU(Inverter control unit)에 의해서 제어된다.

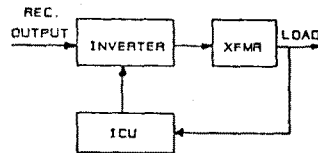


그림 5. 인버터부 구성도

3.2.1 ICU(Inverter Control Unit)

ICU는 직류를 교류로 변환하는데 필요한 PWM파를 발생시키고 인버터 상태 및 출력의 전압, 전류, 위상을 검출하여 인버터를 제어하는 유니트로 PWM 파형생성부분, PI 제어기, CLOCK 발생부분, IGBT 구동회로 그리고 이상시 안전 동작을 할 수 있도록 하는 보호회로 등으로 구성되어 있으며, 구성도는 그림 6과 같다.

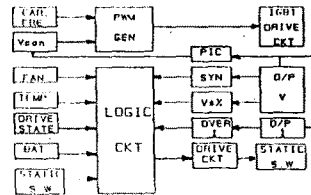


그림 6. ICU 회로 구성도

3.2.2 인버터 설계

인버터 출력의 효율의 증대와 고조파를 감소시키기 위하여 Unipolar PWM 제어방식(그림 7)을 적용하였고, 출력단의 필터 크기를 작게하면서 출력단 변압기의 설계용 용이하게 위하여 스위칭 주파수를 증가시켰으며, 적정 스위칭 소자로서 IGBT를 채용하여 단상 Full-Bridge 인버터를 설계하였다.

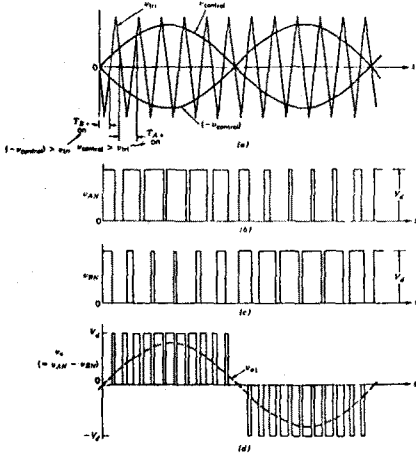


그림 7. Unipolar PWM 파형

3.2.3 제어기의 설계

인버터 출력단의 전압 및 주파수를 정격값으로 유지시키기 위해서 응답특성이 양호하고 선형특성을 갖는 PI 제어기를 설계하였다. 본 시스템에서 실제 적용한 PI 제어기는 그림 8과 같다.

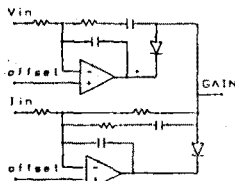


그림 8. PI 제어기

3.2.4 IGBT 구동회로

본 시스템에서는 IGBT의 확실한 ON, OFF 동작과 전력 회로의 절연을 위하여 IGBT 구동 전용의 Hybrid IC를 이용하여 구성하였다. 그림 9는 본 시스템에서 설계하여 적용한 구동회로를 나타내었다.

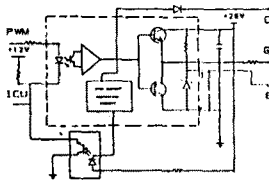


그림 9. IGBT 구동회로도

3.3 바이패스부

BCU(Bypass Control Unit)는 상용 교류전원과 부하측 전압 및 상용 교류전원의 주파수를 감시하고 또한 ICU(Inverter Control Unit)로부터 인버터의 이상유무 및 인버터 출력의 위상과 상용 전원의 위상이 동기되었는지 여부를 확인하여, 이상이 발생시 인버터 출력을 바이패스로 동작시

키기 위하여 정지 스위치(Thyristor)를 동작시키도록 하는 인터페이스부이다. BCU의 회로구성도는 그림 10과 같다.

또한 시스템에 이상이 발생되어 일정한 시간내에 인버터에서 바이패스, 바이패스에서 인버터로 3번이상 절체되면 시스템을 보호하기 위하여 바이패스로만 계속 상용전원을 공급하도록 되어 있다.

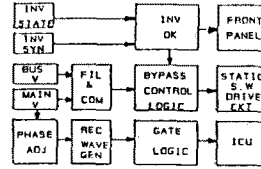


그림 10. BCU 회로 구성도

3.4 지시 조작부

본 시스템의 지시조작부 회로구성도는 그림 11과 같다. 모든 동작은 릴레이를 구동시켜서 모니터하기를 원하는 스위치를 선택하면 그 값이 지시되도록 하였으며 시스템의 운전 및 정지의 상태표시 그리고 명령 수행도 릴레이의 구동에 의해 수행되도록 하였다. 이때 감지된 값은 전압-주파수 변환 회로에 의해 제어가 될 수 있도록 하였다.

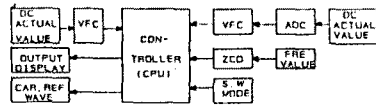


그림 11. 지시조작부 구성도

선택 스위치의 위치 및 측정값들은 7 세그먼트 LED를 사용하여 디스플레이 하도록 설계하였으며, 제어단에서 감지된 시스템의 상태 및 소프트웨어에서 감지된 시스템의 상태는 LED를 이용하여 나타내도록 되어있다. 또한 시스템의 운전, 정지명령 스위치 및 램프 테스트 스위치를 구성하여 제어할 수 있도록 설계하였다. 그리고 지시 조작부의 제어에 위한 프로그램의 흐름도는 그림 12와 같다.

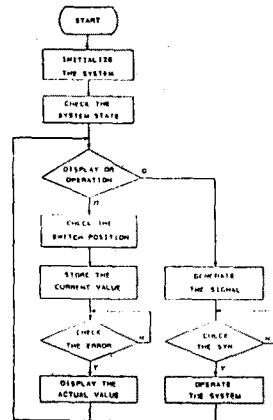


그림 12. 지시 조작부의 제어프로그램 흐름도

III. 시험결과

1. 정류기부

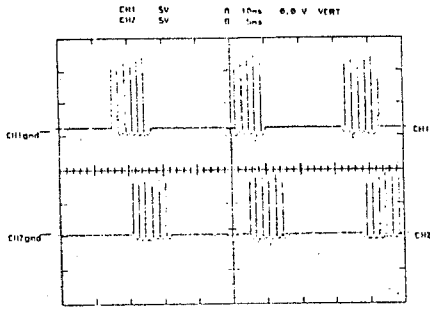


그림 13. 사이리스터 구동신호 파형

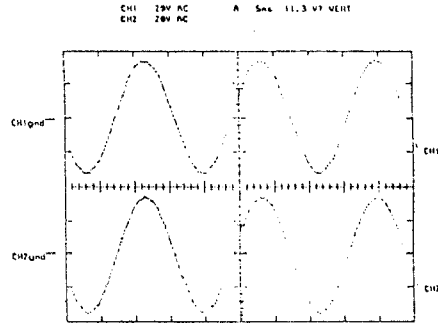


그림 17. MAIN 상용전원과 UPS 출력파형 비교

2. 인버터부

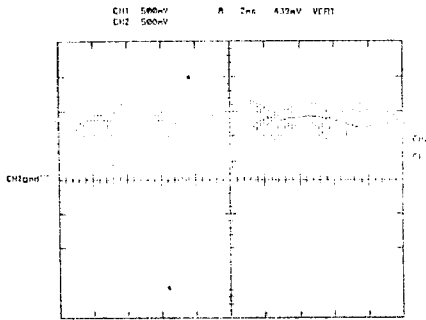


그림 14. 변조파와 삼각파

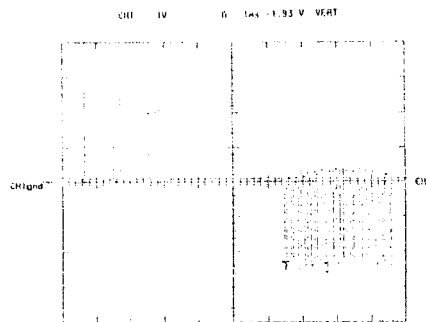


그림 15. 인버터출력 파형

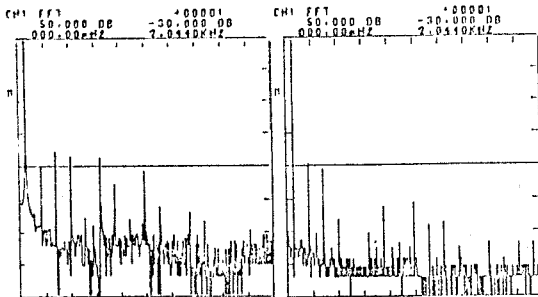


그림 16. Power TR(좌)/IGBT(우) 이용시 출력고조파 특성

IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 UPS 시스템에서 스위칭 소자로서 GTO, Power Transistor, MOSFET을 주로 사용하였으나 본 시스템에서는 보다 성능이 우수한 IGBT를 채용하여 시스템을 구성하였으며 그에 맞는 최적의 제어기법을 설계하여 그 실용성을 입증하였다.

시스템의 신뢰도 향상을 위하여 제어부 및 지시조작부들 디지털화 하였으며, 사용자의 기호에 맞게 제품을 보다 소형화시켰으며 운전 및 조작을 간단하고 편리하게 하였다. 그리고 가동 및 유지상태를 알수 있는 자기진단 기능을 향상시켰다.

향후 연구과제로서는 최신의 전력전자 기술을 적용하여 전력회로를 소형화시키고 또한 제품을 고효율화, 고신뢰도화 및 저가격화에 힘써야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Ned Mohan et al., "Power electronics: Converters, Applications, and Design" John Wiley & sons, pp. 102-154, 1989
2. B.K Bose, "Power electronics and ac drives" Prentice Hall, Englewood, Cliffs, pp. 68-94, 1986
3. John G. Kassakian et al., "Principles of power electronics" Addison Wesley Publishing Company, Inc. pp. 168-186, 1991
4. Robert F. Coughlin et al., "Operational amplifiers and integrated circuits" Prentice-Hall, Inc., 1991
5. 박민호외 2인, "PWM 인버터에서 스위칭 시간지연이 미치는 효과의 분석 및 그 보상" 대한전기학회 논문지, 40권, 1호, pp. 58-66, 1991