

DSP(TMS320F240)을 이용한 무정전 전원장치(UPS)용 PWM 인버터 제어기 설계

장재영*, 이종필*, 최주엽**, 최 익**, 이승철**, 유지운*
*고려대학교 전기공학과 **한국과학기술연구원 지능제어연구센터

PWM Inverter Controller Design for UPS(Uninterruptible Power Supply)
Using a DSP(TMS320F240)

J.Y. Jang*, J.P. Lee*, J.Y. Choi**, I. Choy**, S.C. Lee**, J.Y. Yoo*

*Dept. of Electrical Eng., Korea Univ. ** Intelligent System Control Research center, KIST

Abstract - In this paper, we propose a new control scheme for a PWM inverter using digital control. Digital control has various advantages in comparison with conventional analogue control. It can achieve high frequency switching of inverter and can be little influenced for temperature variations and aging of devices. This digitally-controlled PWM inverter is implemented using a Digital Signal Processor (DSPTMS320F240). The simulation results are given to verify the DSP based PWM inverter design and implementation.

1. 서 론

정보화, 산업화 시대에 접어들면서 computer 및 여러 가지 OA기기 들에 대한 업무의 의존성이 매우 커지고 있으며 이러한 기기 들은 전원의 이상에 매우 치명적인 영향을 받는다. 또한 네트워크의 비약적인 발전에 의해서 여러 가지 장비를 가지고 원거리에서 데이터를 주고받는 상황에서 네트워크 서버의 안정성은 더욱 중요한 위치를 차지한다. 하지만 공급되는 전원에서 순간적인 정전이나 전압변동이 발생할 수 있으므로 이러한 정전이나 스파이크 등으로부터 안정된 전원을 공급하기 위해서 UPS의 역할이 중요시되고 있다.

UPS의 기본적인 분류는 예전에 주로 사용되던 off-line 방식과 요즘 주로 사용되는 on-line 방식이 있다. 물론 지금도 소용량의 경우는 off-line 방식을 사용하기도 하지만 대부분은 on-line 방식을 사용한다[1]. off-line 방식이란 정상적인 전원상태에서는 by-pass line을 걸쳐서 전원이 공급되며 전원에 이상이 생기면 inverter를 걸쳐서 battery전압을 이용한다. on-line 방식이란 항상 inverter를 걸쳐서 전원을 공급하며 입력전원에 이상이 발생한 경우에만 battery전원을 사용한다. 이러한 on-line방식은 입력전원의 이상에 대해서 바로 대처할 수 있는 장점이 있다. 하지만 항상 inverter를 거쳐야 하므로 일반적으로 off-line방식보다 효율적인 측면에서는 떨어진다.

기존에는 아날로그 방식을 이용하여 PWM 인버터방식을 주로 사용했으나 이것은 온도, 소자의 노화에 대한 영향을 많이 받는 단점이 있다. 또 다른 방법으로는 저가의 microprocessor를 이용하는 방법이 있다. 하지만 이 방법은 switching 주파수에 제약을 받으며 microprocessor의 계산 능력에 따라 데이터의 길이에 도 제한을 받게된다. 이러한 제약은 pulse계산에 부정확성을 가져오고, 제어루프의 폭을 제한하며 출력전압에 큰 harmonic을 유발한다.

반면에 DSP(Digital Signal Processor) chip의 가격이 내려가면서 저가의 고성능 DSP chip이 여러 가

지 가능 면에서 장점을 가진다[5]. one instruction cycle에 대부분의 명령을 수행할 수 있고, 복잡한 알고리즘도 빠르게 수행할 수 있으며, 가칭주파수 이상의 높은 주파수로 스위칭이 가능하여 소음을 줄일 수 있다. 따라서 본 논문은 이러한 장점을 가진 저가의 DSP chip을 사용한 고성능, 저가의 UPS용 제어기를 설계한다[2],[3],[4],[6].

2. 본 론

2.1 PWM 인버터 제어

그림1은 UPS 용 단상 PWM 인버터의 block diagram 이다.

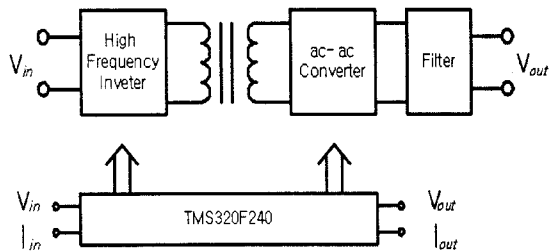


그림 1. 단상 PWM 인버터

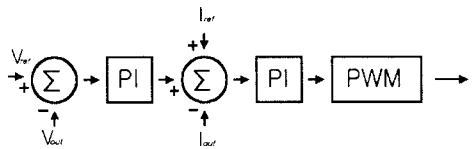


그림 2. 제어 블록도

그림 2는 DSP를 이용한 제어부분의 블록도이다. DSP 제어부에서는 출력전압(Vout), 입력전압(Vin), 출력전류(Iout), 입력전류(Iin)를 검출하여 두 개의 PI 제어기를 이용하여 스위칭 패턴을 결정하여서 PWM을 만든다. 두 개의 PI 루프는 안쪽에는 필터 캐패시터 전류를 입력받아서 DSP 내부에서 계산된 기준전류와 비교한다. 즉, 평균 전류제어 기법을 이용하여 전체 시스템의 보호 기능뿐만 아니라 전압 루프의 보상이 간편하고 안정되게 동작하는 장점이 있다. 바깥쪽에는 DSP 내부에서 계산된 기준전압과 출력전압을 비교하여 오차 보상기로서 PI제어기를 사용하여 계산한다. 입력전압의 변동에 대해서는 ±15%의 범위에서 출력전압의 안정성

을 보장한다. 그 이상의 전원에 이상이 발생할 경우에는 축전지 전원을 이용하여 inverter를 동작시킨다.

2.2 DSP를 이용한 제어기 구현

TMS320F240을 이용하여 Digital PI제어기 및 통신 등을 구현한다. Digital PI 제어기는 내부 A/D를 통해서 검출한 출력전압, 출력전류 값을 가지고 앞단 및 뒷단 인버터를 25kHz로 스위칭 하게 된다. 또한 입력전류와 입력전압은 전원의 이상여부를 확인하는 값으로 사용된다. 검출한 값과 비교할 기준전류와 기준전압은 DSP 내에서 table을 사용하여 구현한다. 또한 부가적으로 입력전압과의 동기보상과 통신 등도 부가적인 회로를 이용하지 않고 DSP 내에서 처리할 수 있다. 본 논문에서 사용한 TMS320F240의 주된 특징은 다음과 같다.

- TMS320F240의 CPU core는 20MIPS/50ns의 instruction cycle time을 가진다.
- chip 자체에 544word의 data/program memory (RAM)와 16k word program ROM / or EEPROM을 가진다.
- program 및 data, I/O 영역은 64k word의 주소를 가진다.
- 내부 A/D는 Dual 10-bit로 16pin을 가지며, PLL, SCI, SPI, Watch dog Timer, 28개의 I/O pin을 가진다.
- 12개의 PWM(9개는 독립적) pin을 가진다.

DSP 내부에서 표를 사용하여 만든 기준전압-전류의 모양은 다음과 같다.

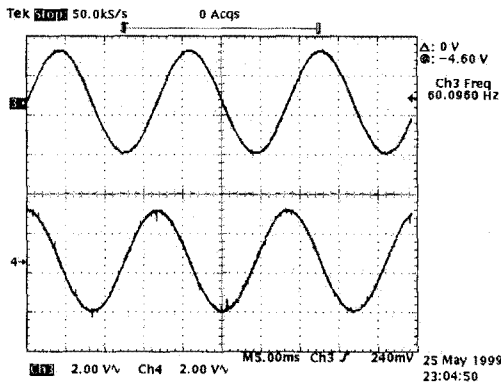


그림 3. Digital 기준전압-전류

2.3 모의 실험 결과

모의실험에서 사용한 변수들은 다음과 같다.

- 스위칭 주파수 25 kHz
- 필터 인덕터 300 μ H
- 필터 캐패시터 50 μ F
- 출력 용량 3kVA

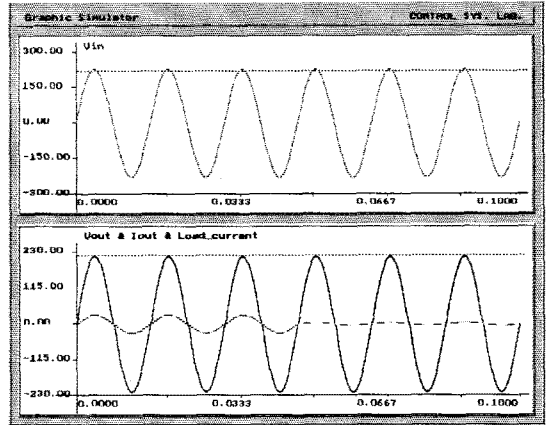


그림 4. 부하변화(100% ~10%)

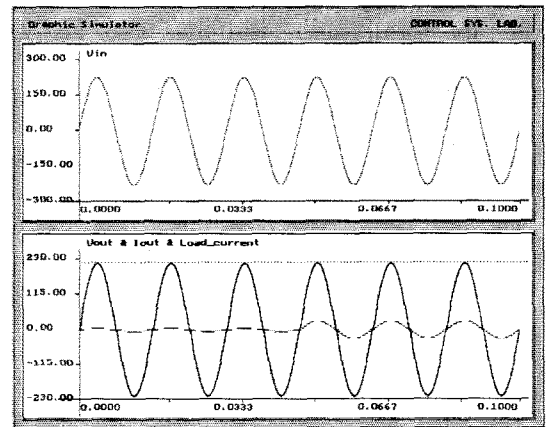


그림 5. 부하변화(10% ~100%)

그림 4와 그림 5는 정상상태의 입력전압(220V)을 인가한 후 0.05초에서 부하를 100%에서 10%로, 10%에서 100%로 변동을 한 후 각각 파형이다. 부하변동에도 전압, 전류 모두 안정된 모습을 보인다.

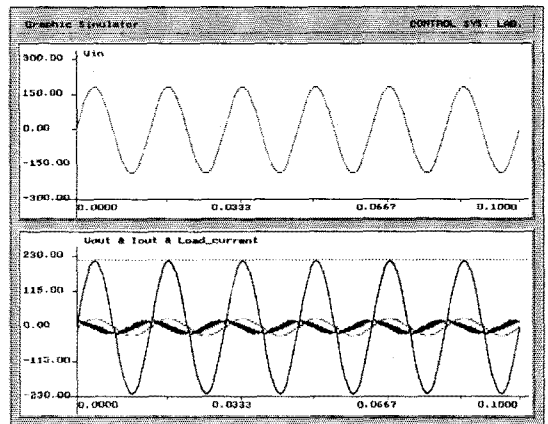


그림 6. 입력전압 187V (-15%)

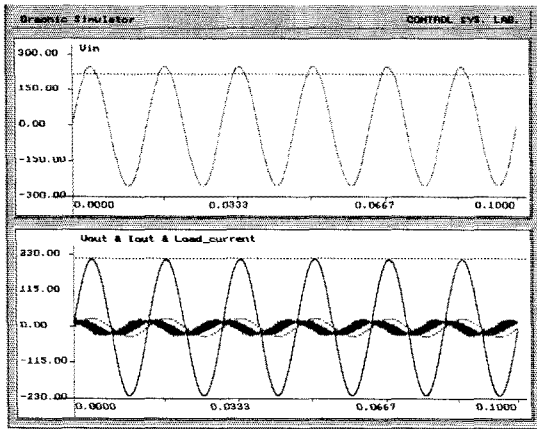


그림 7. 입력전압 253V (+15%)

그림 6과 그림 7은 정상상태의 전압 보다 $\pm 15\%$ 의 전압이 인가되었을 때의 상태를 나타내는 파형이다. 입력전압의 변동이 15%범위 내에서는 전압, 전류 모두 안정된 모습을 보인다.

3. 결 론

본 논문에서는 고성능, 저가의 on-line 무정전전원장치(UPS)에 이용될 디지털 제어기를 연구하였다. 기존의 아날로그 방식 제어방법의 단점을 보완하는 DSP를 사용함으로써 높은 주파수로 인버터를 스위칭 하여 소음을 줄일 수 있다. 또한 기존의 off-line UPS가 아닌 on-line UPS를 제어하기 위해서는 제어기의 기준전압이 항상 입력전압과 동상을 이루어야 하고, 기준 전압과 기준 전류를 만들어야 한다. 아날로그 제어기에서 추가적인 회로가 필요한 반면에 디지털 제어기는 추가적인 회로 없이 내부에서 완전 software로 구현되는 장점이 있다. 따라서 아날로그 제어기보다 더 간단한 회로를 구성할 수 있으며, 주변 소자들 간의 간섭(EMI)도 줄일 수 있다. 하지만, 높은 스위칭 주파수로 인하여 스위치에서의 손실이 증가할 수 있으며, 스트레스가 증가하여 스위치의 수명을 단축시킬 수 있다. 이러한 문제의 대책으로 공진형 인버터를 개발하여 소프트 스위칭이 가능하게 해야 한다. 또한 수전 설비의 용량감소, 전체 시스템의 효율을 높이기 위해서 단위 역률을 구현해야 한다.

따라서 이러한 기능을 첨가하는 디지털 제어기가 연구되어야 할 과제이다.

(참 고 문 헌)

- [1] J.Schmidt, Klaus F. Hoffmann. "Steps of Development and Efficiency Improvement of UPS", VPEC. Seminar. 1998.
- [2] Naser M. Abdel-Rahim, John E. Quaicoe. "Analysis and Design of a Multiple Feedback Loop Control Strategy for Single-Phase Voltage-Source UPS Inverters", IEEE Trans. Power. Electron. vol.11, no 4, pp. 532-541, 1996
- [3] K.Hirachi, J.Yoshitsugu, T.Iseki, Y.Arai, M.Nakaoka, "A Feasible High-Performance Single-Phase UPS Incorporating Switched Mode Rectifier with High-Frequency Transformer Link", EPE97 pp 2131-2137 1997
- [4] H.Benqassmi, J.P.Ferrieux, B.Chauchat, "Investigation on Power Factor Correction og Current-Source Resonant Converter with Two Energy Storage Elements", EPE97 pp 1476-1481 1997

- [5] Texas Instruments co. "TMS320C240x DSP Controllers (Peripheral Library and Specific Devices)". Digital Signal Processing Solutions. 1997
- [6] Praveen K. Jain, Jose R. Espinoza, Hua Jin. "Performance of a Single-Stage UPS System for Single-phase Trapezoidal-Shaped AC-Voltage Supplies", IEEE Trans. Power Electron. vol. 13, no 5, pp 912-923, 1998