

한 수 빈 *
정 봉 만
최 수 현

한국동력자원연구소
에너지절약기술센터

1. 서 론

최근 PWM inverter 에서 마이크로프로세서의 적용연구는 주목할 만하다.^(1,2) 마이크로프로세서의 논리, 연산의 기능을 활용함으로써 보다 향상된 성능이 가능하게 되었으나 아직 연구해야 할 많은 과제가 있다. 기존 analog 시스템의 경우 정현파와 삼각파를 발생시키고 이를 comparator 가 비교하여 스윛치 구동신호를 발생시키는 데 비해서 마이크로프로세서를 이용할 경우 사전에 모든 경우의 정보가 저장되어야 하므로 PWM 방법의 사전분석이 더욱 중요하게 되었다. PWM 파형발생은 hardware 가 아닌 프로그램에 의해 가능하게 됨으로써 hardware 또는 구성하기 어려운 여러 종류의 PWM 기술이 실현가능하게 되었다.

본 논문은 현재 널리 쓰이고 있는 suboscillation PWM 을 기존 analog 시스템에서 사용되는 natural sampling을 digital system에 알맞게 변형된 uniform sampling 으로 대체함으로써 실현시켰으며 전주파수 영역에서 동작 되도록 하였다.

2. 시스템의 구성 및 동작

시스템의 제어부는 이미 발표된 바와같이 CPU 8086을 중심으로 interrupt - based - system 으로 구성하였으며⁽³⁾ 전주파수 영역에 대해 software 에 의한 스위칭시간을 계산하여 V/F 비 일정제어 운전을 수행하였다.

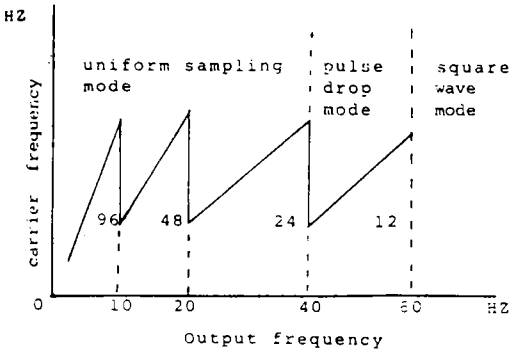
순수한 PWM 파형의 경우 출력의 기본파 성분의 최대 전압은 입력전원의 약 82%에 불과하므로⁽⁴⁾ 충분한 정격전압을 공급해 주기 위해서는 square wave 토의 운전이 불가피하다.

따라서 순수한 PWM 영역, squarewave 영역 그리고 PWM 에서 square wave 토 변환되는 과도상태영역이 존재하는 multi-mode 제어 방식을 사용하였으며 실험에서는 0-40 Hz는 PWM영역, 60 Hz 이후는 square wave 동작영역 그 사이는 pulse holding 과정과 pulse dropping 과정이 존재하는 과도상태 영역으로 설정했다.

또한 subharmonic 의 발생을 억제하기 위해 carrier 인 삼각파와 정현파를 동기(synchronize)시켜야 하므로 carrier 의 주파수를

출력주파수의 정수배가 되게 했다. 이때 전력 소자의 switching 속도의 한계와 스위칭수에 비례해서 증가하는 손실이 동작영역을 제한하게 되므로 carrier 의 주파수가 너무 높거나 낮은 주파수에서 주파수비를 바꾸어 주는 ratio-change 방법을 사용했다.

따라서 전체 동작 변화는 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 인버터의 동작변화

3. Uniform sampling 과 natural sampling

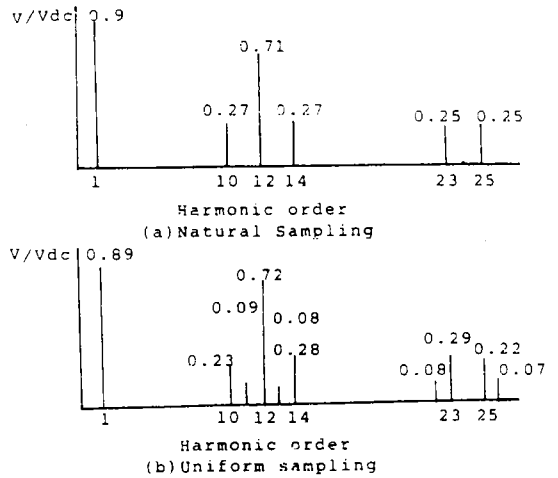
Natural sampling은 정현파와 삼각파가 교차하는 순간 스위칭이 발생되며 uniform sampling은 일정시간마다 정현파를 sampling 하여 유지시킨 크기와 삼각파가 교차하는 순간에 스위칭이 발생한다. analog 시스템의 경우 uniform sampling 은 sample-hold 회로가 첨가되어야 하므로 불리하지만, 마이크로프로세서를 사용할 경우 uniform sampling 의 스위칭순간의 시간은 변조지수에는 무관하고 주파수비에 따라 결정되므로 (5) data 의 수가 적어지며 쉽게 계산할 수 있다.

고조파특성은 FFT 를 사용하여 분석하였으며,

uniform sampling과 natural sampling 의 고조파 특성은 (그림2)와 같이 변조지수 0.9주파수 비 12인 경우의 예로 비교될 수 있다.

Uniform sampling 의 경우 carrier 의 sideband 가 다 존재하여 natural sampling보다 불리한 것으로 판단되나 실제 그 크기는 매우 작아 carrier의 주파수만 높으면 거의 영향이 없고 고조파특성에 영향을 많이 주는 최저 sideband 가 natural sampling 에 비해서 작음을 알 수 있다.

따라서 마이크로프로세서를 사용할 경우는 계산이 쉽고 고조파특성도 natural sampling에 비해 손색이 없는 uniform sampling을 사용하는 것이 유리하다.



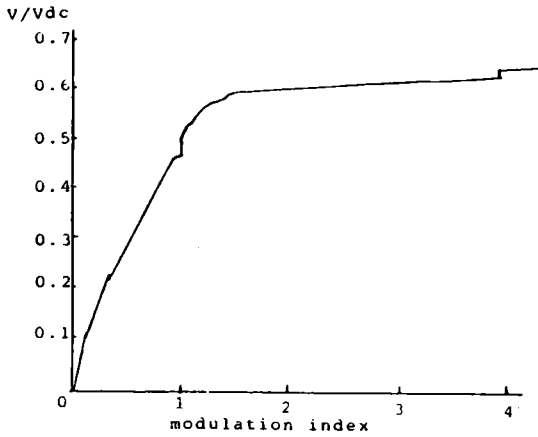
(그림 2) natural sampling 과

uniform sampling 의 고조파 특성비교

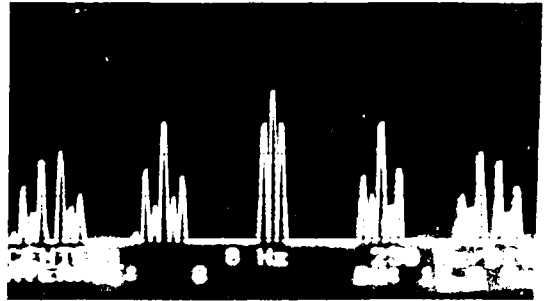
4. 변조지수에 의한 기본파 성분의 변화

(그림3)과 같이 대략적인 경향은 변조지수 1까지는 선형적인 관계를 갖는다. 실제로는 첫번째 pulse-dropping 이 일어나면서 비선형적인 관계를 갖게되고 변조지수 1이상에서는 기울기가

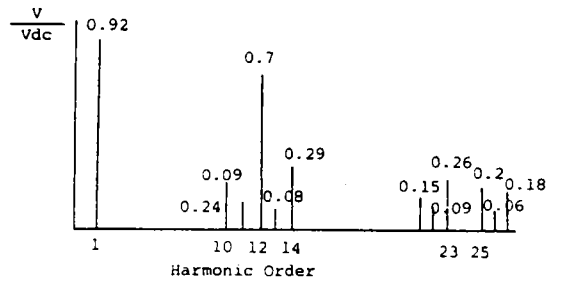
완만해져 거의 포화상태에 이르면서 0.636 V_{DC}의 크기를 유지하게 된다. 변조지수 1이하에서 주파수비가 변화하는 순간에 기본파성분의 크기가 떨어지므로 전압보상이 실제 필요하다.



(그림3) 변조지수에 따른 기본파성분의 비교



(그림4-b) 측정된 spectrum



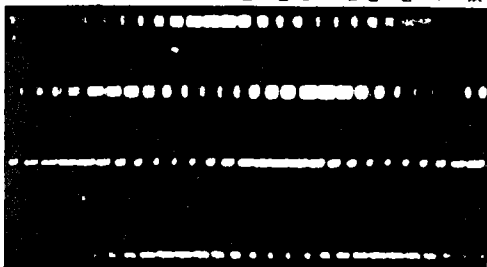
(그림4-c) 계산된 spectrum

5. 실험결과

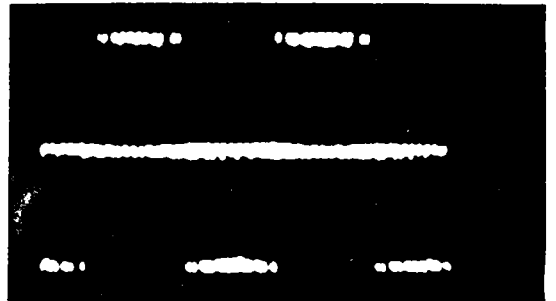
(그림4)에서 a)는 주파수비 12, 변조지수 0.92, 43Hz 일때 마이크로프로세서에 의한 2상의 출력파형이다. b)는 이 파형의 spectrum analyzer로 측정된 결과이고 c)는 계산에 의한 고조파 특성이다. 실제 측정된 고조파특성과 이론적인 고조파특성이 거의 일치함을 볼 수 있다.

d)는 전동기의 선간전압파형이며 e)는 선전류의 파형이다.

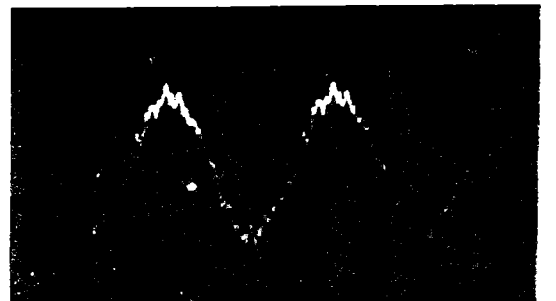
이로써 우수한 PWM 파형을 발생시킴을 볼 수 있다.



(그림4-a) 마이크로프로세서 출력파형



(그림4-d) 전동기의 선간전압 파형



(그림4-e) 전동기의 선전류 파형

6. 결 론

본 연구에서는 마이크로프로세서를 이용할 경우 uniform sampling이 natural sampling 보다 유리함을 보였다. PWM 에서 squarewave 의 변환은 pulse drop 이 발생할 때 생기는 기본파 성분의 변화에 의해 전동기의 속도 및 토크에 영향을 줄 수 있으므로 개선이 요구된다고 판단된다.

7. 참 고 문 헌

1) F.C. Zach, H. Ertl, "Efficiency optimal control for AC drives with PWM inverters", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol IA-21, PP987-1000, 1985

2) D.A. Grant, M. Stevers, J.A. Houldsworth "The effect of word length on the harmonic content of microprocessor based PWM waveform generator", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol IA-21, PP1218-1228, 1985

3) 최수현, 한수빈, "마이크로프로세서를 이용한 PWM 인버터에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술회의 논문집, PP295-297, 1985

4) D.A. Grant, "Technique for pulse dropping in PWM inverters", IEE proc., Vol. 128, PP.67-72, 1981

5) S.R. Bowes, "Microprocessor control of PWM inverters", IEE proc., Vol. 128, PP. 293-305, 1981