

DSP를 이용한 인버터 특성분석 시스템

(Analyzable System for Characteristics of Inverter by the using DSP)

박진홍* · 류희삼** · 이종규** · 이성백***

(Jin-Hong Park · Hee-Sam Ryou · Jong-Kue Lee · Sung-Back Lee)

요 약

본 논문에서는 DSP 장치와 개인용 컴퓨터를 연계한 실시간 인버터 특성 분석 시스템을 제안하였다. 1) 전력 변환 시스템은 제어 대상과 용도에 따라 회로를 설계한다. 그리고 설계된 전력 변환 시스템은 입력 조건에 따라 시스템의 제어특성이 평가된다. 따라서 제어방법을 연구하기 위해서는 전력 변환 시스템이 필요하고, 이를 평가하기 위한 관측 시스템이 필요하다. 제안한 실시간 특성 분석 시스템을 평가하기 위하여 인버터 시스템을 구성하였다. 그리고 개인용 컴퓨터를 이용하여 입력 제어 조건에 따라 유도전동기를 구동하였다. 이때 얻어지는 인버터 출력 특성 및 제어특성을 다양하게 분석하였다.

Abstract

In this paper, the real time characteristics analyzing system is proposed to analyze characteristics of inverter. The system is consisted of DSP unit and personal computer.

Conventionally, power conversion system is designed by the load and the use. And control characteristics for the designed power conversion system is evaluated by the control input. In order to study of control method, power conversion system is required for a study of control method and observed system is required for a analyzing of the inverter.

Inverter system is consisted to evaluate for proposed real time characteristics analyzing system. And induction motor is driven by control input that is manufactured by personal computer. Output of inverter and control characteristics is variously analyzed.

1. 서 론

전력 변환 기술은 전기 에너지를 제어 대상에 따라 필요한 용도에 적합하도록 전력 변환을 구현한 것으로 다양한 시스템이 연구되고 있다. 전력 시스템 중에서 인버터는 직류를 교류로 변환시키는 시스템이며 일반적으로 유도 전동기를 제어하기 위하여 이

* 정회원 : 여주대학교 전자과 겸임교수

** 정회원 : 동서울대학 전자계산기과 교수

*** 정회원 : 광운대학교 전자공학부 교수

접수일자 : 1998. 6. 22

용하는 시스템이다. 초기의 인버터는 V/F(Voltage/Frequency)제어를 위하여 PWM 제어를 실행하는 전압형 인버터로 구성되었으나, 제어특성과 토오크 특성을 개선하기 위하여 다양한 제어 방법이 제시되었다[1, 2]. 제어방식 중 시퀀스 제어는 제어용 원 칩 마이크로컨트롤러를 이용한다. 그리고 실시간 연산을 위한 제어를 위하여 DSP(Digital Signal Processor)를 사용하며 개인용 컴퓨터로 제어 알고리즘을 실현하기도 한다[3~5].

인버터 시스템을 설계할 때 제어 시스템의 구성과 함께 스텝 응답과 시 가변 조건에 따른 전동기의 제어 특성은 부하의 전압과, 전류 특성, 고조파, 효율 등으로 평가할 수 있다. 이러한 다양한 평가를 위해서 다양한 입력과 운전되는 전동기의 속도, 3상 전류, 링크 전압 등을 측정하여 시스템의 평가 자료로 이용한다. 실제로 이러한 장비를 모두 구비하여 관측하는 것은 경제적으로 어려운 문제이다.

본 연구에서는 PWM 인버터를 효과적으로 연구하고 설계할 수 있는 인버터 시스템을 구성하고 개인용 컴퓨터를 이용하여 인버터 운전 상태를 종합적으로 관측할 수 있는 PWM 인버터 특성 관측 시스템을 실현하였다.

인버터는 DSP 장치와 아날로그 장치로 제어기를 구성하고 인버터 데이터 관측을 위하여 개인용 컴퓨터와 연결하기 위한 연결 장치를 설계하였다. 그리고 데이터 처리는 C 언어를 이용해서 프로그램을 작성하였고 모니터에서 PWM 인버터 시스템의 입출력 데이터를 종합적으로 분석할 수 있도록 하였다.

2. PWM 인버터 관측 시스템의 구성

그림 1은 인버터 시스템과 개인용 컴퓨터로 구성된 PWM 인버터 실시간 관측 시스템의 구성 도이다. 인버터 시스템은 3상 전파 정류회로, PWM 제어기, DSP 장치, IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor) 드라이브 단, 3상 브리지 컨버터, 홀 CT(Current Transformer), 유도 전동기, 펄스 엔코더로 구성하였고, 데이터 관측은 I/O 장치를 내장한 개인용 컴퓨터를 이용하였다.

인버터는 PWM 제어기와 DSP 장치를 이용하여 PWM 및 전동기 제어를 실현할 수 있다. 그리고 인

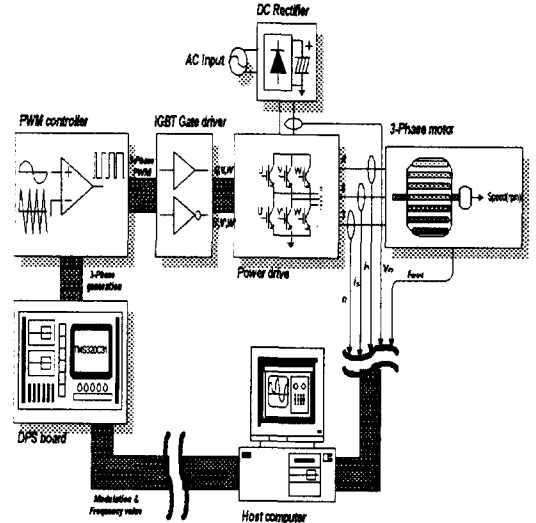


그림 1. 인버터 관측시스템의 전체 구성도
Fig. 1. Overall Configuration of inverter monitoring system

버터의 제어특성 분석은 직류 링크 전압, 전동기 회전속도, 3상 상 전류, 3상 PWM 전압 등을 이용하여 평가할 수 있다. 이러한 데이터를 감지하기 위하여 유도전동기의 구동 속도는 펄스 엔코더를 이용하였고, 상 전류를 감지하기 위해서 홀 CT를 사용하며, DC 링크 전압은 전압 분리기(Isolator)를 이용하였다. 이때 인버터 관측 신호는 연결 장치를 경유하여 컴퓨터와 연결된다. 입력된 제어신호가 인버터를 구동시키면 인버터에서 출력되는 전류, 전압, 속도 데이터를 I/O 장치를 이용하여 개인용 컴퓨터가 처리하고, 제어 조건과 인버터 출력 데이터를 비교 분석한다.

3. 관측 컴퓨터와 DSP 장치

그림 2는 관측 시스템의 디지털 제어 부의 구성이며, 개인용 컴퓨터, 연결부와 DSP 장치로 구성하였다. 개인용 컴퓨터는 펜티엄 기종으로 스카시 방식의 입출력 커넥터를 이용하여 연결 장치를 통하여 관측

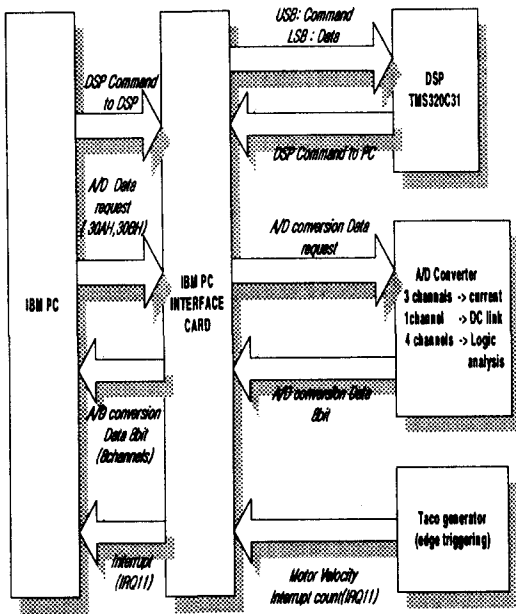


그림 2. 관측 컴퓨터와 DSP장치의 구성도
Fig. 2. The Configuration of the observed computer and DSP unit

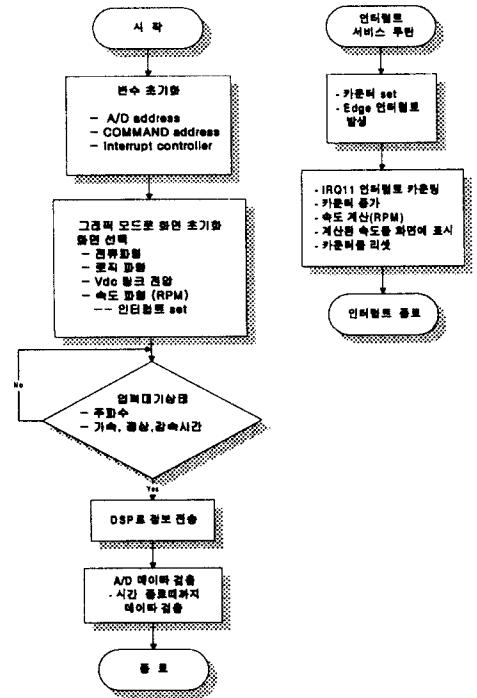


그림 3. 인버터 데이터 관측을 위한 순서도
Fig. 3. The flowchart for observation of inverter data

데이터 신호와 인버터 제어 신호를 입출력하였다.

DSP장치는 원 칩 마이크로컴퓨터 320C31을 이용하였다[6]. 이 장치는 입출력되는 데이터 와 이플레이팅 시킬 프로그램을 고려하여 I/O와 메모리 용량을 확장하였고, 확장된 포트는 8개의 16 비트 입출력 포트이고 메모리 용량은 ROM 32K, RAM 32K이다. 연결부는 컴퓨터의 입출력되는 데이터를 위한 래치, A/D 변환기, 멀티플렉서 등으로 구성하였다.

D/A 변환기는 샘플링 속도가 최대 20MHz이고, 8 채널 멀티플렉서로 개인용 컴퓨터에서 멀티플렉스를 이용하여 신호를 입력받는다. D/A 변환기에 입력되는 신호는 R, S, T상의 선간 전류와 DC 링크 전압 및 디지털 4 채널 데이터 입력이 있다. 3상 상 전류는 홀 CT로 전원이 분리되었고 DC 링크 전압도 분리암프로 분리하였다. 그리고 전동기의 회전속도는 펄스 엔코더를 이용하며 전동기 1회전에 해당하는 펄스 수로 변환하여 개인용 컴퓨터에 입력시킨다.

4. 소프트웨어 구성

그림 3은 관측 시스템의 데이터를 컴퓨터로 처리하기 위한 프로그램의 순서 도이다. 인버터를 구동하기 위한 초기 값과 컴퓨터 모니터 출력 데이터 형태를 설정한다. 컴퓨터는 시스템을 초기 파라미터를 위해 A/D 변환기의 어드레스와 명령 어드레스, 인터럽트 컨트롤러를 초기화시킨다. 관측을 위한 시스템의 초기화가 이루어지면 모니터에 표시할 데이터를 정한다. 모니터 출력 형태는 수평축은 시간으로, 수직 축은 주파수 데이터를 기준으로 상 전류, DC 링크 전압, 펄스 엔코더 데이터 중에서 둘을 선택하며 3 구간으로 나누어 출력으로 정한다. 이때 전동기 속도 데이터가 선택되었다면 인터럽트 서비스 루틴을 이용하여 컴퓨터 내부 타이머를 동작시키고 펄스 엔코더의 데이터 메모리에 저장하고 화면에 출력한

다.

전동기를 동작시키기 위해 개인용 컴퓨터는 인버터의 구동 주파수와 변조도를 프로그램 하여 데이터를 임의의 입력 형태로 설정하여 입력시킨 후 DSP 장치에 변조도 및 주파수 데이터를 입력한다. 입력된 데이터에 따라 인버터를 동작시키고 관측된 데이터를 설정된 조건에 따라 모니터에 출력한다.

5. 실험 및 결과

실험 시스템은 그림 1과 같이 인버터 부분과 관측 컴퓨터로 구성하였다.

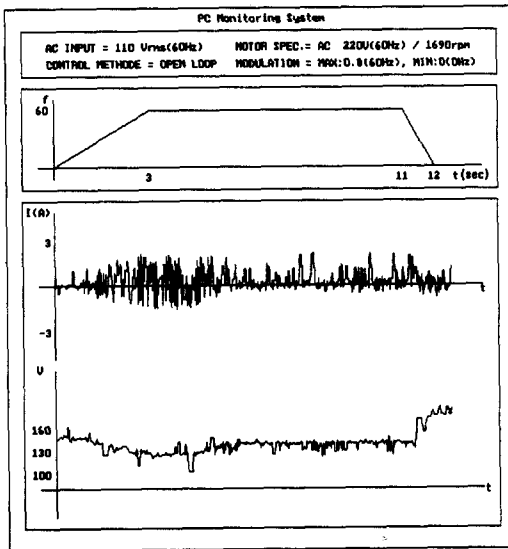


그림 4. 가감속 입력에 대한 전류 및 DC 링크 전압
 Fig. 4. The current and DC link voltage for input of variable speed

인버터에서 정류회로는 AC 110V를 정류하여 인버터의 DC 링크 전압으로 사용한다. 인버터 측정 데이터는 인버터에서 DC 링크 전압을 DC 전압 트랜스로 신호 분리하여 측정하였고 각각의 상 전류는 홀 CT를 이용하였다. 측정에 사용한 펄스 엔코더는 1회전에 대한 펄스 수는 1000이다. 인버터 부하는 0.5 HP 3상 유도 전동기를 사용하여 개 루프 제어하였다.

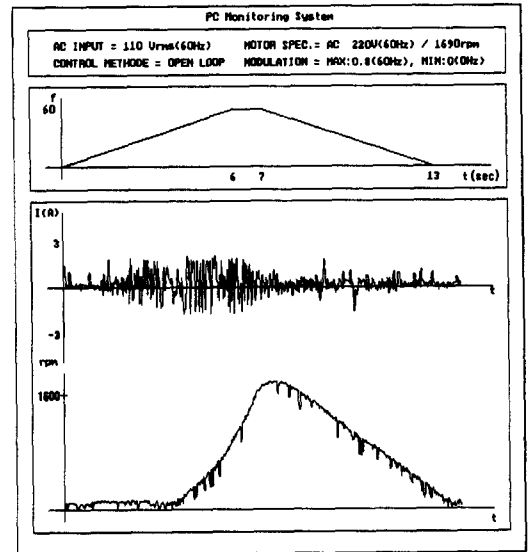


그림 5. 가감속 입력에 대한 전류 및 속도응답특성
 Fig. 5. The current and speed for input of variable speed

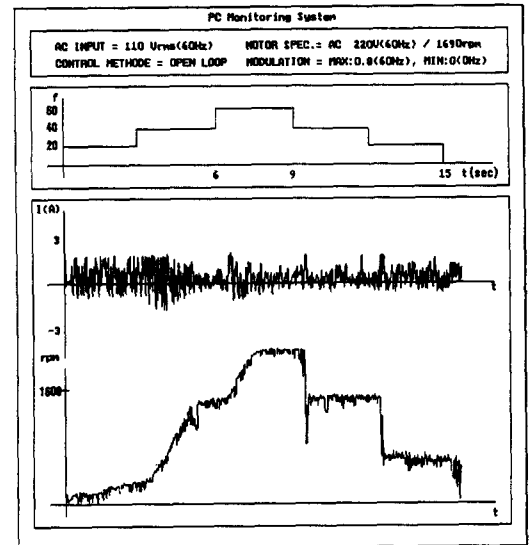


그림 6. 스텝 입력에 대한 전류 및 속도 응답특성
 Fig. 6. The current and velocity with the step input

그림 2에서 연결 장치의 D/A 변환기는 KSV3110을 사용하였고 샘플링 주파수는 최대 20MHz이다.

발전기는 16MHz로 하였고 8채널 멀티플렉서를 사용하였다. 연결버퍼는 74HC374를 이용하였다.

관측 프로그램은 그림 3의 순서도에 따라 C 언어로 작성하였으며 관측된 데이터를 비교 분석할 수 있도록 3 구간으로 나누어 데이터를 출력하도록 하였다

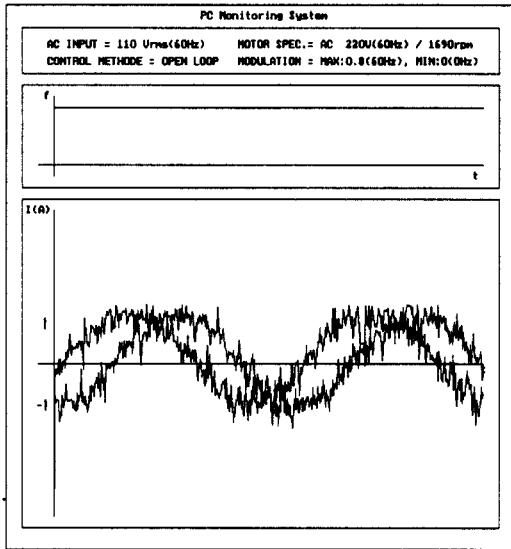


그림 7. 인버터 출력단 상 전류 파형
Fig. 7. The phase to phase current waveform of inverter output stage

그림 4는 속도 명령에 따라 얻어지는 상 전류 변화와 DC링크전압의 변화를 관측한 결과이다. 여기서 속도 명령은 가속 시간을 3sec, 일정속도 운전시간을 8sec, 감속 시간을 1sec로 입력하였다. 그 결과 감속 시의 DC 링크 전압은 역기전력 때문에 180V 정도 증가하는 것을 제안한 시스템을 이용하여 관측할 수 있다.

그림 5는 속도 명령의 가속 시간을 6sec, 일정속도 운전시간을 1sec, 감속 시간을 6sec로 정할 경우 전류 파형과 전동기 속도 응답이다. 관측한 결과, 가속과 감속시의 응답 특성이 서로 다름을 관측할 수 있었으며, 가속조건에서 변조도를 높여 토오크 특성을 개선할 필요가 있음을 확인할 수 있다.

그림 6은 전동기의 15sec 동안에 가 감속을 스텝

단위로 입력할 경우의 전류 파형과 전동기 속도응답이다. 본 시스템에서 관측한 결과에서 가속 시에 느린 속도 응답특성을 갖음을 확인할 수 있다. 따라서 가속 상태에 대한 보상 시스템의 설계가 필요함을 알 수 있다.

그림 7은 정격 속도로 전동기를 제어할 경우 R-S상과 R-T상의 출력 파형이다. 홀 CT 출력 결과를 전류 프로브 FLUKE 80i_100s로 측정하였다. 관측결과에 대한 A/D 변환 데이터 샘플링 시간은 1 μ sec이므로 IGBT의 전류 데이터를 충분히 샘플링 하여 출력하였다.

6. 결 론

본 연구는 개인용 컴퓨터를 이용하여 인버터의 제어 조건을 설정하고 동작시켜 시스템의 데이터를 분석하였다.

인버터와 개인용 컴퓨터의 연결을 위해 연결장치를 설계하여 인버터를 실험하였다. 측정 결과는 개인용 컴퓨터에서 입력에 대한 출력 특성을 평가하였다. 실험 결과는 전동기를 개 루프 제어 조건에서 가속 시 전동기의 속도 응답 특성을 관측하였다. 그리고 감속 시 DC 링크 전압의 변화를 분석할 수 있었다. 그러나 보다 세부적인 데이터 해석을 위해서 소프트웨어는 시간에 대한 프리 스케일 및 줌 기능이 보완되어야 한다. 또한 연결장치는 3상 PWM 출력 전압을 샘플링 하여 관측 시스템에서 제어하기 위해서는 감쇠기능이 보완되어야 되겠다. 앞으로 연구가 보완된다면 언급한 시스템을 이용하여 인버터 전용 개발 계측 장비와 대학의 전동기 교육용 장비로 이용할 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) S. B. Dewan and A. Straughen, "Power Semiconductor Circuits", John Wiley & Sons Inc, 1975.
- (2) B. K. Bose, "Power Electronics and AC Drives", Prentice-Hall, 1986
- (3) Pck Luk and K. Drissi Khamlichi, "A Low Cost PC-Based User Interactive Induction Motor Drive System", IEEE IECON, Vol. 2 of 3, pp. 952-955, 1996
- (4) Wolfgang Frank, " PWM Inverter Drive Control operating

DSP를 이용한 인버터 특성분석 시스템

with a standard personal

Computer", IEEE Conference Trans. , pp. 774-780, 1997,
[5] L. Abraham, W. Frank, "Uncomplicated Inverter Drive For
Research Development and Teaching Using Personal
Computer", IPE, Vo4, pp.4952-4960, 1997.

[6] Texas Instrument, "TMS320C31 User's Guide 1", Texas
Instrument, 1992

◇ 저자소개 ◇

박 진 흥 (朴眞弘)

1967년 11월 18일생. 1991년 광운대학교 전자공학과
졸. 1993년 동대학원 전자공학과졸(석사). 1997년 동대
학원 전자공학과 졸(박사). 현 여주 대학 전자과 겸임
교수.

류 희 삼 (柳熙三)

1961년 7월 5일생. 1986년 광운대학교 전자공학과 졸.
1988년 동대학원 전자공학과졸(석사). 1994년 동대학
원 전자공학과 졸(박사). 현 동서울대학 전자계산기과
교수.

이 종 규 (李種奎)

1955년 12월 17일생. 1983년 광운대학교 응용전자공학
과 졸. 1986년 동대학원 전자공학과 졸(석사). 1991년
동대학원 전자공학과 졸(박사). 현 동서울대학 전자계
산기과 교수

이 성 백 (李成栢)

1940년 12월 27일생. 1965년 한양대학교 전기공학과
졸. 1979년 동대학원 전기공학과 졸(석사). 1984년 동
대학원 전기공학과 졸(박사). 현 광운대학교 전자공학
부 교수.