

브로워용 전동기 인버터의 순시추종 PWM 제어

°라병훈*, 권순걸*, 이현우*, 전중함**, 김광태***

*경남대학교, **대구보건대학, ***부산정보대학

Instantaneous Following PWM Control of Inverter for Blower Motor

°B.H. Ra*, S.K. Kwon*, H.W. Lee*, J.H. Chun*, and K.T. Kim*

*Kyungnam University, **Taegu Health College, ***Busan Info-Tech College

ABSTRACT

Conventional vector control inverter is usually used for blower of air-accord equipment. In this paper, it is proposed that inverter is controlled by instantaneous following PWM controller. This controller compensate and follow for output voltage of inverter within one switching cycle as an error that compared output voltage of rectifier included much ripples with reference voltage of sine wave. It has not speedy response like vector controller, but the circuit is very simple as using analog integer. And it has advantages that develop input power factor, built small-capacity and low-cost because huge capacitor of voltage type inverter removed.

1. 서 론

건물 및 빌딩의 인텔리전트화나 고도화 산업성장의 영향으로 빌딩, 건물, 공장, 발전소, 지하철 그리고 지하상가 등에는 필수적으로 공조 시스템인 브로워를 사용하여 분진을 제거하거나 환기를 하고 있다.

기존의 브로워용 전동기는 벡터제어 인버터를 사용하고 있다. 이러한 벡터제어 인버터 시스템의 문제점으로는 브로워는 유체부하이므로 빠른 응답성을 요구하지도 않고 빠른 응답을 가져 올 수도 없다. 여기서 벡터제어 인버터는 상당히 빠른 고속의 응답성을 가지고 있으며 상당히 고가이다. 또한 기존의 벡터제어 인버터의 입력 단에는 커패시터 입력형 정류기를 사용하고 있는데 입력 역률이 상당히 좋지 않다. 그리고 커패시터는 고가이며, 자체 부피가 크며, 온도특성이 상당히 좋지 않다. 그리고

인버터 고장율의 85%이상의 커패시터의 고장이다.

이러한 문제점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 새로운 순시추종 PWM 제어기^{[1],[2]}를 적용한 브로워용 전동기 인버터 시스템^[3]을 제안하고 있다. 순시추종 PWM 제어기는 제어기 입력전압(정류기 출력 리플전압)을 검출하여 제어기준 전압과 비교하여 그 오차에 대하여 스위칭 한 사이클 내에서 전압을 추종 보상하는 제어기로 벡터제어 인버터와 같은 고속 응답성을 가지고 있지는 않지만, 아날로그 소자를 사용하고 있어 제어회로가 간단하며, 인버터 시스템에서 커패시터가 필요치 않으므로 기존의 정류기에 비하여 입력 역률을 개선할 수 있으며 저가형으로 부피가 적은 장점을 가지고 있다.^[4]

2. 순시추종 PWM 제어

2.1 제어기 동작^[5]

그림 1은 적분기를 이용하여 정 주파수로 동작하는 PWM 추종 제어기법을 실현하기 위한 제어회로의 개요도이다. 제어회로에서 동작의 중심이 되는 부분은 정주파수로 동작하기 위하여 정 주파수 클럭(constant frequency clock) 발생회로와 아날로그 적분기이다.

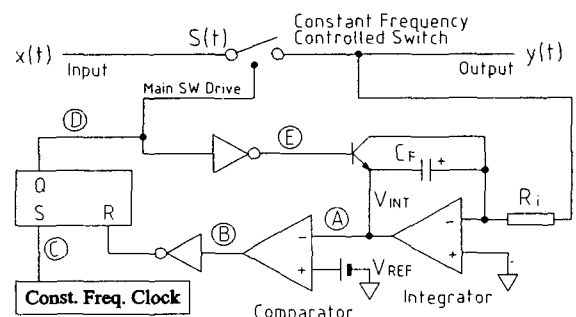


그림 1. 일정 주파수 제어 스위치의 동작
Fig. 1. Operation of constant frequency control switch

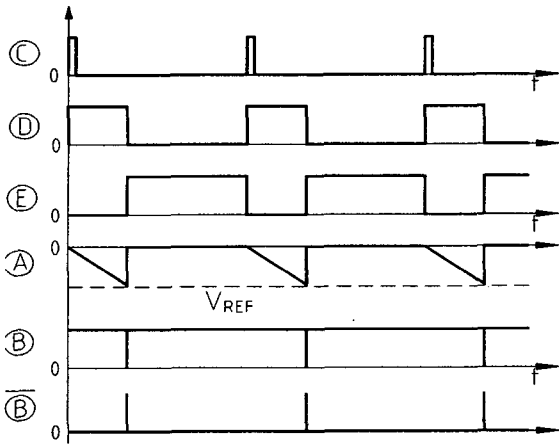


그림 2. 제어회로의 주요 동작 파형
Fig. 2. Operation waveform of control circuit

정주파수 클럭 발생회로는 R-S 플립플롭과 함께 매 스위칭 동작의 시작점에서 주 스위치를 턴 온 시킨다. 아날로그 적분기는 주 스위치가 턴 온 되는 시점과 동기 되어 주 스위치의 제어 출력전압을 적분하며, 적분값 V_{INT} 이 제어 기준값 V_{REF} 과 같아 지는 시점에서 주 스위치를 턴 오프 시키고, 이와 동시에 적분값도 초기치(0[V])로 리셋 시킨다.

그림 2는 제어 기준전압 V_{REF} 가 상수일 때 그림 2의 회로 중에서 주요 동작 신호를 나타낸 파형이다. 이 스위치 동작은 어떤 물리적인 스위치 동작에 대해서도 한 사이클 제어가 가능하며 스위칭 변수는 물리적 변수나 추상적인 신호에 대해서도 같은 개념으로 스위칭 할 수 있다.

2.2 제어기의 추종 · 보상 특성

2.2.1 전원전압 변동의 보상

그림 3은 전원 전압이 변동될 때 적분기가 이를 추종하여 보상하는 특성을 나타낸다. 그림에서 상위 첫 번째의 파형은 주 스위치 제어용 PWM 제어 신호이며, 네 번째 파형은 전원에 포함된 리플 전압을 나타낸다. 전원이 크게 변동하여도 제어기는 이를 추종하여 잘 보상하고 있음을 알 수 있다. 두 번째 파형은 적분기를 정 주파수로 동작시키기 위한 정주기 클럭이고, 세 번째 파형은 적분기의 출력파형이다. 여기서 적분기의 적분시간이 출력전압의 크기에 반비례하여 길어지고 있으며, 이에 따라 맨 위의 PWM 파형의 폭이 넓어짐을 알 수 있다. 따라서 제안된 제어기법은 스위칭 중에라도 전원전압의 변동분을 보상하고 있음을 알 수 있다.

2.2.2 제어기준값의 추종

그림 4는 제어 기준값이 변할 때 제어기의 추종 특성을 나타내는 사진이다. 두 번째의 기준전압이

변함에 따라 PWM 파형(첫 번째 파형)과 적분기의 출력파형(세 번째 파형)이 이에 추종하여 변화되고 있음을 알 수 있다. 그림에서 보는 것과 같이 한 사이클 내에서 전원변동을 보상하고, 제어기는 제어 기준값에 추종하고 있음을 알 수 있다.

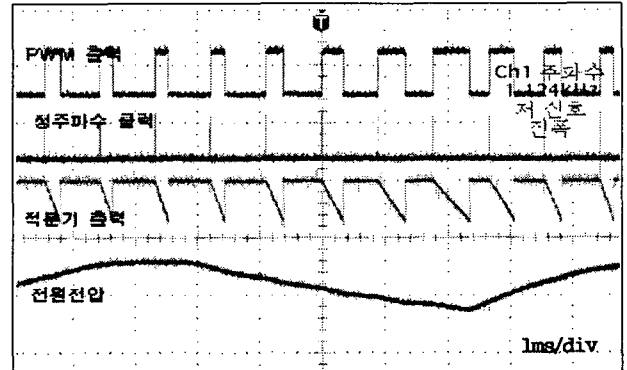


그림 3. 전원 전압이 변동될 때 제어기의 보상 특성
Fig. 3. Compensation characteristics of controller when the source voltage fluctuate

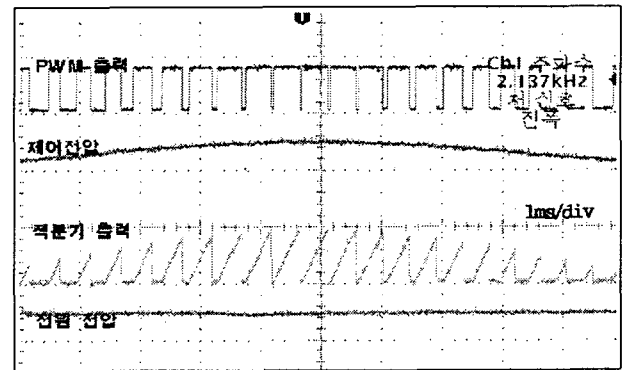


그림 4. 제어 기준값이 변할 때 제어기의 추종 특성
Fig. 4. Following characteristics of controller when the reference voltage fluctuate

아날로그 적분기를 이용한 새로운 비선형 제어 기법인 순시추종형 PWM 제어기법은 일정한 스위칭 주파수로 동작한다. 이 제어기법은 스위칭 컨버터의 펄스 변조에 있어서 비선형성을 갖는 장점은 물론 스위칭 변수의 평균값을 순시 다이내믹 제어 (instantaneous dynamic control)를 가능하게 한다.

특히 전압과 전류제어에 있어서 스위칭 변수의 평균값이 과도상태 다음에 새로운 안정된 상태에 도달하는 데는 하나의 스위칭 사이클(one switching cycle)이 소요되며, 스위칭 변수의 평균치와 제어 변수 사이에는 어떤 다이내믹한 오차나 어떤 정상상태 오차도 존재하지 않는다. 따라서 제안된 제어 기법은 빠른 다이내믹한 응답성과 전원 전압 변동에 대한 탁월한 보상 특성과 강인한 동작 특성을 갖는다.

제안된 기법은 가변 주파수 스위칭 제어에까지 확장 할 수 있음은 물론 범용으로 사용가능하며, 공진형 컨버터의 전압 및 전류제어와 PWM 컨버터를 제어하는 데에도 적절하게 적용할 수 있다^[2].

3. 브로워용 전동기 인버터의 제어

3.1 벡터제어 인버터

그림 5는 기존의 벡터제어형 인버터 시스템의 개략도를 나타낸 것이다. 본 시스템의 가장 큰 특징은 유도전동기 제어에 있어 빠른 속도 응답성이다. 그러나 본 시스템의 문제점은 빠른 응답성을 갖기 위하여 속도센서, 전류센서, 자속센서 등을 포함하는 검출회로와 연산 제어회로가 상당히 복잡하다. 그리고 입력 다이오드 정류단(인버터 입력단)에 큰 용량과 부피를 가진 평활용 전해 커패시터를 사용함으로써 인버터 시스템 전체의 부피가 증가하고 고가의 시스템이 된다. 또한 전해 커패시터는 온도 특성이 좋지 않고 수명이 짧기 때문에 인버터 고장율의 85% 이상이 이 커패시터의 고장이며 잦은 유지보수가 필요하다.

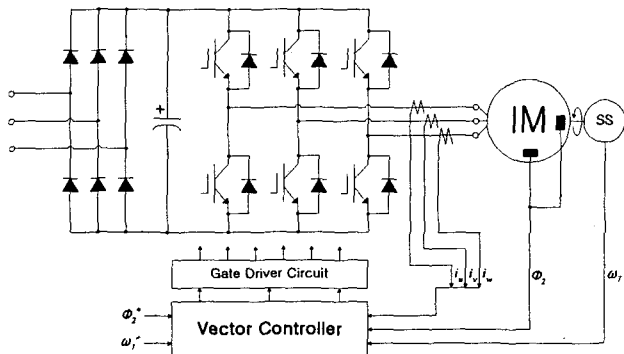


그림 5. 기존의 벡터제어형 인버터 시스템
Fig. 5. Conventional Vector control inverter system

3.2 순시추종 PWM 제어 인버터

본 논문에서는 기존의 벡터제어 인버터의 문제점을 해결하기 위하여 그림 6에 나타낸 것과 같은 순시추종 PWM 제어형 인버터 시스템을 제안한다. 본 시스템의 장점으로는 기존의 벡터제어형 인버터 시스템의 입력 다이오드 정류단(인버터 입력단)의 평활용 전해 커패시터를 제거하고 이 단의 리플이 심한 전압을 검출하여 앞에서 설명한 순시추종 PWM 제어기 입력전압으로 사용하여 제어회로에 아날로그 소자만을 사용하기 때문에 제어회로가 상당히 간단하다. 그리고 큰 용량과 부피를 가진 전해 커패시터를 제거함으로써 인버터 시스템의 소형화와 가격의 저렴화를 가져올 수 있으며 고장율 또한 상당히 낮출 수 있다.

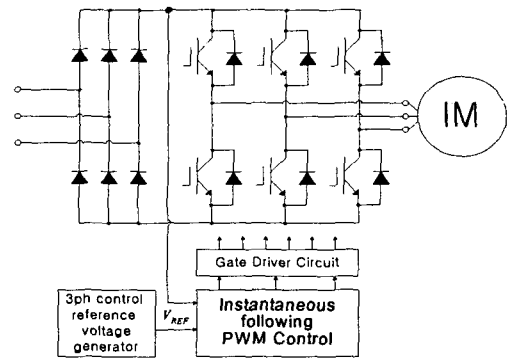


그림 6. 순시추종 PWM 제어형 인버터 시스템
Fig. 6. Inverter system of instantaneous following PWM control type

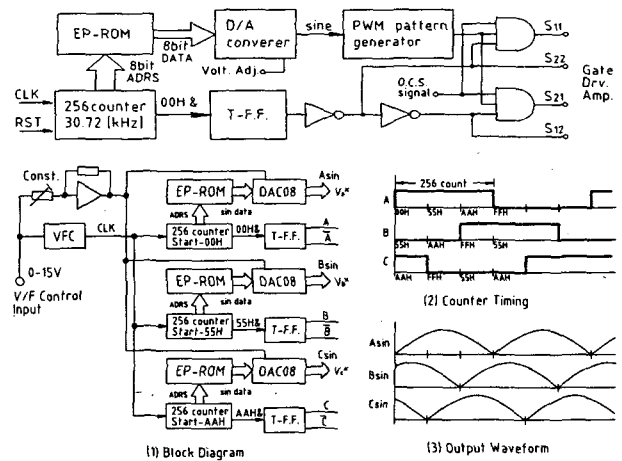


그림 7. 3상 기준신호 발생기 블록도
Fig. 7. Block-diagram of 3ph reference signal generator

그림 7의 3상 기준신호 발생기의 동작은 30.72 kHz의 클럭신호를 256 카운터와 T-플립플롭에 의하여 정현파 한 주기를 발생한다. 한편 256 카운터의 출력은 EP-ROM을 거쳐 8bit의 신호에 의하여 D/A 컨버터에 의하여 정현파를 발생시키며 PWM 패턴 발생기를 거쳐 T 플립플롭 신호와 함께 동기되어 그림 8의 3상 전파 기준신호를 발생한다.

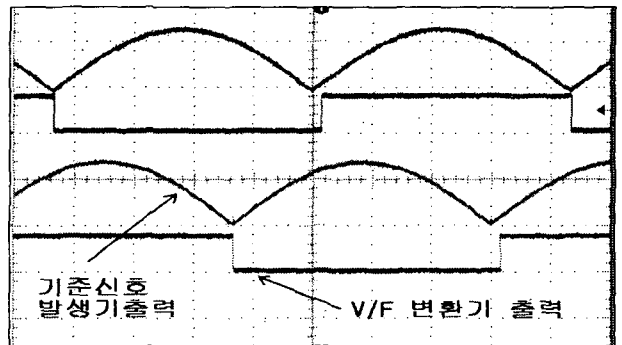


그림 8. 기준신호 발생기와 V/F 변환기 출력 파형
Fig. 8. Output waveform of reference signal generator and V/F converter

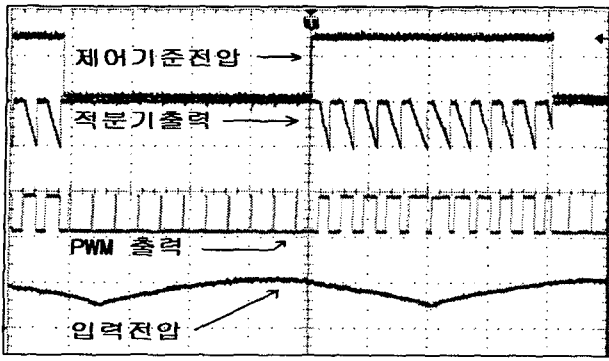


그림 9. 순시추종 PWM 제어기 동작파형
 Fig. 9. Operation waveform of instantaneous following PWM controller

이 3상 전파 기준신호는 인버터의 주파수 제어를 목적으로 전압-주파수 변환기를 통하여 그림 8의 구형파로 변환하며 이때 각 상의 한 주기마다 데드 타임(dead time)을 주게 된다.

이 전압-주파수 변환기 출력전압(Voltage to frequency converter)은 그림 9의 순시추종 PWM 제어기의 각상의 제어 기준전압 V_{REF} 이 되며, 이 기준전압은 그림 6과 같이 전해 커패시터를 제거한 인버터 입력단의 리플전압의 적분치와 비교되어 PWM 출력신호를 만들게 되고, 이 제어신호는 절연회로와 게이트 드라이브 회로를 거쳐 3상 IGBT 인버터를 주파수 제어하게 된다.

4. 결 론

본 논문에서는 입력단 커패시터를 제거한 3상 인버터의 제어에 아날로그 적분기를 이용한 새로운 비선형 제어 기법인 순시추종형 PWM 제어회로를 적용하였다.

순시추종형 PWM 제어기는 순시 전원전압의 변동에 대한 보상과 제어기준값에 대한 추종이 스위칭 한 사이클 내에서 이루어지는 다이내믹하고 강인한 응답성을 가지고 있다. 그리고, 순시추종형 PWM 제어회로를 적용한 인버터 시스템은 아날로그 소자를 사용하고 있어 제어회로가 간단하며, 대형 커패시터가 필요치 않으므로 기존의 정류기에 비하여 입력역률을 개선할 수 있으며 저가형으로 부피가 적은 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 장점을 가지고 있는 순시추종 PWM 제어형 인버터를 고가이고 부피가 큰 벡터제어형 브로워용 전동기 인버터 시스템을 대체하여 저가이고 소형인 시스템으로 제안하였다.

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프리카 구축 지원사업으로 수행된 논문입니다.

참 고 문 헌

- [1] K. M. Smedley, S. Cúk, "One-cycle control of switching converter", in IEEE Power Electronics Specialists Conference, Record, pp. 888-896. 1991.
- [2] Z. Lai, K. Smedley, "A new extension of one-cycle control and its application to switching power amplifier", IEEE Trans. on POWER ELECTRONICS Vol. 11, No. 1, pp. 99~105, Jan. 1996.
- [3] Sheng-Ming Yang, "A constant air flow rate control of blower for residential applications", in APEC '97 Conference Proceedings, Twelfth Annual, Vol. 1, pp. 509-513, 1997.
- [4] Nigim, K.A., Ahmed-Zaid, S., "Low cost speed controller for small AC motors", in Power Engineering, 2003 Large Engineering Systems Conference, pp. 60-64, May 2003.
- [5] S.D. Kim, B.H. Ra, H.W. Lee, K.T. Kim, "The Buck DC-DC Converter with Non-Linear Instantaneous Following PWM Control Method", in Journal of KIIEE, Vol. 17, No. 2, pp. 73-80, March 2003