

PWM 제어를 이용한 브로워용 인버터

라병훈*, 김성준*, 강태경*, 고강훈*, 이현우*, 김광태**
*경남대학교 **부산정보대학

An Inverter for Blower by using PWM controller

B.H.Ra*, J.S.Kim*, T.A.Kang*, K.H.Koh*, H.W.Lee*, K.T.Kim**
*Kyungnam University **Busan Info-Tech College

Abstract - Conventional VVVF control voltage-fed inverter of blower induction motor has advantage that very speedy response characteristics for air-harmonic. But, there have bad power factor on input current, have its large volume and high error ratio over 80%. And there are very expensive by reason of using the capacitor input rectifier. In this paper, It could make the smoothing capacitor-less inverter for air-blower motor by using the instantaneous compensation PWM controller. This inverter system has small volume and value compare with the conventional VVVF control inverter for blower induction motor for air-harmonic equipment.

1. 서 론

최근 급속도로 인텔리전트화되고 있는 빌딩이나 지하상가 등의 공조장치에 사용되는 브로워용 유도 전동기의 경우 고속의 응답성을 요구하지도 않음에도 불구하고 상당히 고가인 벡터제어 인버터를 그대로 사용하는 사례가 일반적이다. 기존의 벡터제어 인버터의 경우 전압형 인버터의 입력단에는 커패시터 입력형 정류기를 사용하고 있는데 입력 전류의 역률이 상당히 좋지 않다. 그리고 커패시터는 고가이며, 자체 부피가 크며, 온도특성이 상당히 좋지 않다. 그리고 인버터 고장율의 약 80% 이상이 커패시터의 고장이다.

이러한 문제점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 브로워용 유도 전동기의 제어에 새로운 순시추종 보상형 PWM 제어기^{[1],[2]}를 적용한 평활용 커패시터 제거형 인버터 회로를 제안하고자 한다.^[3]

2. 순시추종 보상형 PWM 제어기

2.1 제어회로의 해석

그림 1은 적분기를 이용하여 정 주파수로 동작하는 PWM 추종보상 제어기법을 실현하기 위한 제어회로의 개요도이다.

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 같아지는 시점에서 주 스위치를 턴 오프 시키고, 이와 동시에 적분값도 초기치(0[V])로 리셋 시킨다.

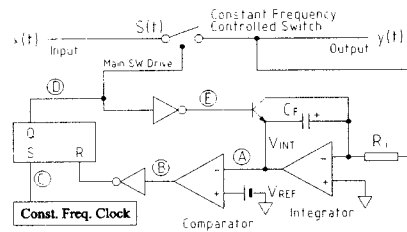


그림 1 순시추종 보상형 PWM 제어기 회로

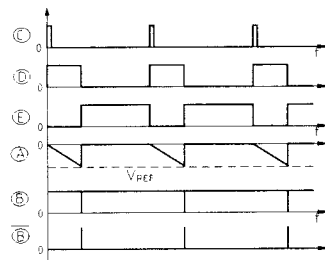


그림 2 제어회로의 주요 동작 파형

그림 2는 제어 기준 전압이 상수일 때 그림 1의 회로에 표시된 지점의 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.

순시추종 보상형 PWM 제어기는 제어기 입력전압(정류기 출력 리플전압)을 검출하여 제어기준 전압과 비교하여 그 오차에 대하여 스위칭 한 사이클 내에서 전압을 추종 보상하는 제어기이다. 또한 입력 전원 전압에서 어떠한 형태의 전원 교란이 발생하여도 한 사이클 내에 이를 추종하여 보정한다. 제어 형식은 정 주파수 비선형 제어 스위치로 동작하지만 제어 결과는 선형제어의 결과를 얻는다. 오차 신호를 추종하여 보정하는 시간은 스위칭 주파수에 의해서 결정된다. 그리고 벡터제어 인버터와 같은 고속 응답성을 가지고 있지는 않지만, 아날로그 소자를 사용하고 있어 제어회로가 간단하여 저가형으로 부피가 작은 인버터 시스템을 제작할 수 있는 장점을 가지고 있다.^[4]

2.2 인버터 시스템의 구성 및 특성

그림 3은 제안하는 순시추종 보상형 PWM 제어기를 적용한 삼상 VVVF 제어 인버터 회로이다.

VFC(Variable Frequency Controller)의 출력은 직류에 의해 제어되는 가변 클럭 신호로서 제어신호를 주파수 제어하기 위하여 사용된다. 따라서 VFC 출력 클럭은 다음 블록의 VVVF(Variable Frequency Variable voltage) 디지털 발진회로의 ROM에 저장된 데이터를 연속적으로 역제어하여 지정된 주파수로 정현파 신호를 발생시킨다.

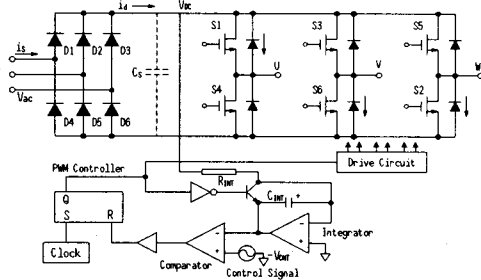


그림 3 순시추종 보상형 PWM 제어기를 적용한 평활용 커패시터 제거형 인버터 회로

제어회로는 아날로그 적분기를 사용하여 구성하였으며, 이를 적분 제어기(Integrator controller)라 하였다. 디지털 발진기의 출력은 VVVF 특성을 갖는 삼상 정현파 신호로서 적분 제어기를 제어하는 제어 기준신호가 된다. 이 제어 기준신호는 적분 제어기의 제어입력이 된다. 그리고 적분 제어기는 리플이 포함된 전원전압을 검출하여 제어 기준신호에 실시간으로 추종 제어한다. 제어 결과는 PWM 신호이다. PWM 신호는 절연 드라이버회로를 거쳐 삼상 인버터의 주 스위치를 제어하게 된다. 적분 제어기는 리플을 포함하는 전원 전압을 검출하여 적분을 하게 되는데, 제안된 적분 제어기는 리플 전압을 적분하는 동작을 통하여 전원의 리플과 전압변동 및 노이즈 성분을 자동으로 보상하는 특성을 갖는다. 적분기의 출력은 제어기 내부에 존재하는 비교 회로에서 비교되어 지령치에 추종시킨다.

본 인버터의 장점으로는 기존의 벡터제어형 인버터 시스템의 입력 다이오드 정류단(인버터 입력단)의 평활용 전해 커패시터를 제거하고 이 단의 리플이 심한 전압을 검출하여 앞에서 설명한 순시추종 보상형 PWM 제어기 입력전압으로 사용하여 전원전압을 보상하도록 하고 있다.

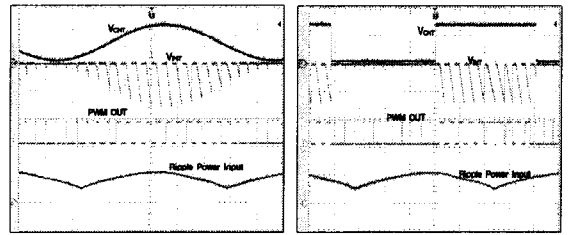
3. 실험 및 검토

3.1 추종 보상 특성 실험

제안하는 제어기의 추종, 보상제어 특성을 확인하고 그 결과를 시각적으로 제시하기 위하여 제어 주파수 30Hz, 캐리어 주파수 780Hz의 낮은 주파수 영역에서 실험을 실시하였다.

그림 4는 제어기의 가변전압 제어 및 과도응답 특성실험 결과이다. 먼저 (a)는 정현파 제어를 할 경우 적분 제어기의 추종 특성을 보여준다. (b)는 적분 제어기의 과도적인 응답특성을 관찰하기 위하여 제어기준 전압(V_{CNT})으로 구형파를 사용

하였다. 두 파형에서 보이듯이 스위칭 기준값이 정현파 혹은 구형파로 변환하여도 적분 제어기는 한 사이클 내에 제어출력의 평균치를 제어기준 값에 추종하여 제어하고, 전원 전압의 리플도 보상을 할 수 있다.



(a) 보상 및 가변전압제어 (b) 보상 및 과도응답
그림 4 가변전압 제어 및 제어과도응답 특성

(a) Compensation and variable voltage control
(b) Compensation and transition response
Fig.4 Characteristics of transition response and variable voltage control

3.2 VVVF 제어 실험

제안한 순시추종 보상형 PWM 제어기를 적용한 삼상 인버터의 VVVF 제어 특성을 확인하고 그 결과를 시각적으로 제시하기 위하여 제어 주파수 30Hz, 캐리어 주파수 780Hz의 낮은 주파수 영역에서만 실험을 실시하였으며, 부하는 저항부하를 사용하였다. 또한, VVVF 동작 확인 후 제어 주파수 45~80Hz, 캐리어 주파수 15~25kHz로 가변하며, 부하로는 브로워 고압 송풍기 유도전동기(400W, Y 결선)와 일반 유도전동기(200W, Δ결선)를 사용하였다.

그림 5에 인버터의 U상의 제어기 동작을 그림 8에 나타내었다. 파형에서 알 수 있듯이 제어 기준전압의 기울기에 따라 적분전압과 비교, 추종하여 우수한 PWM 제어출력을 내고 있다.

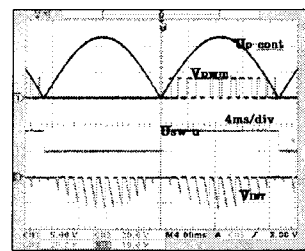


그림 5 제어기의 추종제어 특성

그림 6는 인버터의 리플 전압파형과 인버터 출력선전류파형을 나타낸다. 그림에서 U_{p-cont} 는 VVVF 특성을 갖는 정현파 U상 제어 기준신호를 나타낸다. V_{rip} 는 삼상 전파정류 출력파형으로 정현파를 평활용 커패시터를 제거한 상태의 삼상 전파정류 파형으로 정류부 다음 단계 평활용 커패시터를 제거했기 때문에 정류리플이 그대로 나타난다. I_{ol} 은 인버터 출력 선전류 파형이며, 정현파로 스위칭 됨을 알 수 있다.

V_{rip} 는 리플 전압파형이다. 이 전압의 크기는 전압 분배기를 사용하여 제어레벨로 낮춘 전압이며 10V/div의 값을 갖는다. V_{rip} 는 절연 증폭기에 의하여 주 전원과 전기적으로 절연되

서 제어를 위한 리플성분만 검출하여 보상제어 한다.

Up-cont는 VVVF 특성을 갖는 3상 제어기준 신호로서 정현파를 나타낸다. 이 신호는 제어기에 의하여 삼상 폴 스위치를 제어하는 신호를 발생시킨다. Iol은 인버터의 출력 선 전류 파형이며, 2A/div를 나타낸다. 파형에서 보는 것과 같이 제어 기준신호와 출력전류 파형이 동상이 됨을 알 수 있다. 그림 10은 인버터 출력 선간 전압과 선 전류파형이다.

그림 7은 인버터 출력 선간 전압과 선 전류파형이다. 여기서 출력이 제어되는 관계를 보기 위하여 제어 기준신호 파형을 함께 제시하였다. 그림 8은 유도 전동기(400W, Y 결선)를 부하로 구동했을 때 전압 및 전류파형을 나타낸다. 그림 12는 캐리어 주파수를 25kHz로 높이고 제어주파수는 인버터 출력전압 및 전류파형을 나타낸다. 그림 9는 캐리어 주파수를 25kHz로 높이고 제어주파수는 인버터 출력전압 및 전류파형을 나타낸다.

본 실험에서 대형 커패시터를 제거한 상태로 부하로서 유도 전동기에 관성을 가진 부하를 적용할 시, 전동기 속도가 급감속 하는 경우 회생전류의 순환경로가 없어지므로 입력 정류부와 인버터에 상당한 무리가 가해지는 경우가 있다. 이 경우에는 작은 용량의 소형 커패시터를 사용하거나 인버터의 스너버 커패시터의 용량을 조금 증가시켜서 리플 전압에는 영향을 주지 않고 순환경로를 제공하여야 하면 된다. 한편 공조기용 브로워 유도전동기와 같은 관성이 작은 경우나, 혹은 정지기를 부하로 사용할 시에는 순환전류의 영향은 무관하다.

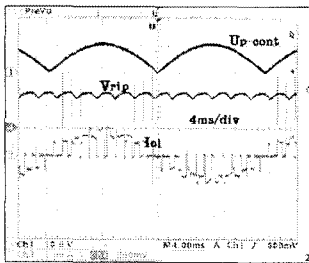


그림 6 인버터의 리플전압과 출력전류

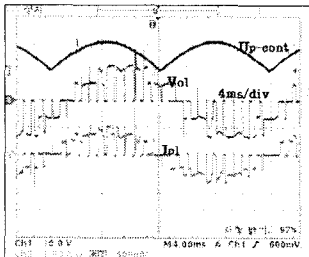


그림 7 인버터의 출력 선전압과 전류파형

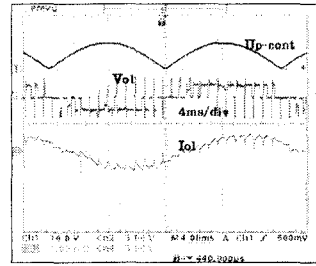


그림 8 유도 전동기 구동전압 및 전류파형

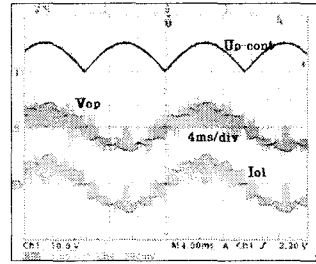


그림 9 인버터 출력 선전압 및 전류 파형

4. 결 론

본 논문에서는 입력단 커패시터를 제거한 삼상 인버터의 제어에 아날로그 적분기를 이용한 새로운 비선형 제어 기법인 순시추종 보상형 PWM 제어회로를 적용하였다. 또한, 부피가 크고 고가인 기존의 VVVF 제어 공조기용 브로워 전동기 인버터 시스템을 대체할 수 있는 저가이고 소형인 시스템으로 제안하고 실험을 통하여 우수한 동작특성을 확인하였다.

차후 본 논문에서 제안한 순시보상형 PWM 제어기는 향후 디지털신호처리(DSP) 제어기에 적용하여 보다 고급화되고 고효율의 제어 시스템으로 구성할 수 있는 연구 과제를 가지고 있다.

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축 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.99-106, 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. Pa, 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.