

유체부하를 갖는 유도기제어

박 준성, 남 광희

Induction Motor Control Method for Fluid Load

Joon Sung Park, Kwanghee Nam

Key words : inverter(인버터), induction motor(유도기), PI(이상 적분 보상), VVVF

Abstract : 인버터의 개발에 앞서 살펴야 할 것 중 하나로 부하의 종류이다. 여기에서는 유체부하를 가지는 경우이다. 경제적인 측면과 성능을 고려하여 마이크로컨트롤러(PIC18F4431)를 결정하였다. 또한 여기에서는 전반적인 인버터의 제어를 다루기 보다는 유체부하에서 발생하기 쉬운 과부하상태시의 간단한 제어방안을 다루었다. 유도기제어에 있어서 유체부하를 가지는 경우 갑작스러운 유체부하의 증가가 발생할 수 있다. 유도기에서 이와 같은 과부하가 발생할 경우 전압과 전류의 위상차는 줄어들게 되고 전류는 증가하게 되며 유도기의 실제 속도와 인버터의 지령치는 벌어지게 된다. 지속적으로 위상차를 감시하여 과부하 상태를 판별할 수 있으며 과부하 상태시 속도를 변화시켜 실제 속도를 정상상태와 비슷하게 유지시켜준다.

Nomenclature

- f: 현재 주파수, Hz
- f^* : 주파수 지령치, Hz
- Δf : 계산된 주파수 보상, Hz
- r: 실제 위상차
- r^* : 정상상태의 위상차
- Δr : 계산된 위상차
- k_{pr} : 비례이득
- k_{ir} : 적분항
- k: 일반상수
- p: dt

면 전류는 급격히 증가하게 된다. 인버터의 보호를 위해 실속방지알고리즘[4]을 쓰기도 하지만 인버터가 이를 충분히 견딜 수 있으며 최대의 성능을 내기 위해서는 과부하 발생 시 속도의 지령치를 더 높게 설정하여 모터의 속도를 올려주어야 한다. 그러나 대부분의 2kW 와 같은 소형 인버터의 경우 범용이 대부분이며 이와 같은 알고리즘을 지원하기 보다는 실속방지 알고리즘을 사용한다. 물론 값비싼 인버터의 경우 이와 유사한 일정토크제어[5]를 통하여 위의 목적을 달성할 수 있다.

이 논문에서는 간단한 제어알고리즘을 통하여 성능을 최대화 할 수 있는 방안을 살펴보도록 한다. 먼저 Motivation of Control Method에서 과부하판별 방안에 대하여 설명하고 있으며 Proposed Control Method에서는 간단한 알고리즘을 제안하고 있다. 여기에 필요한 PIC18F4431의 간단한 사양과 인버터의 주요 사양과 같은 표는 appendix에 실어 참고할 수 있도록 하였다.

1. Introduction

유도기를 사용하여 내부를 진공상태나 일정한 압력상태로 유지시켜주기 위한 인버터의 제어는 과부하 상태에서 제어하기가 쉽지 않다. 또한 여기에서는 경제적인 이유로 정수연산 마이크로컨트롤러를 사용하여 수학적 연산 시 고려해야 할 점이 많다. 유체부하인 경우 순간적인 과부하 발생 시 슬립은 더욱 크게 늘어난다. 또한 전류파형과 전압파형의 위상차는 줄어들게 된다[1],[2]. 만약 내줄 수 있는 최대 전압을 내고 있는 경우라

2. Motivation for Control Method

Fig.1와 같은 인버터 시스템에 있어서 각 스위

치(S1-S6)에 대한 온/오프 제어[1],[2]를 하기 위해서는 마이크로컨트롤러의 선택이 중요하다. 이 실험에서는 PIC18F4431을 사용하였으며 정수연산을 지원하고 간단한 사양은 table.1와 같다.

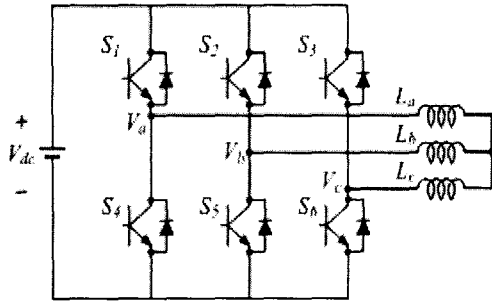


Fig. 1 Inverter System

이와 같은 마이크로컨트롤러의 성능으로 인하여 벡터 제어는 실제 구현하기 어렵다. 그리하여 여기에서는 VVVF(Variable Voltage Variable Frequency)를 통하여 구현하였으며 인버터의 사양은 table.2와 같다.

이와 같은 시스템에 있어서 속도는 지령치의 값을 그냥 내보내고 있으며 피드백이 존재하지 않는다. 그리하여 실제 과부하시 일정 압력으로 유지시키지 못하며 다시 일정 압력으로 유지시키는 데 시간이 오래 걸리게 된다. 이러한 과부하시의 문제점을 보완하기 위해 먼저 과부하상태를 판별하여야 한다. 과부하 상태를 판별하는 데는 전류값이나 전류파형과 전압파형의 위상차로써 판별할 수 있다. 그러나 전류값만을 가지고 과부하상태를 정확히 판별하기는 어렵고 또한 위상차로써 정확히 판별하기에는 여기에서 사용한 마이크로컨트롤러나 회로적으로 부족한 부분이 많다. 그래서 여기서는 이 두 가지 전류값과 위상차를 모두 적절히 감시하여 과부하상태를 판별하도록 하였다.

3. Proposed Control Method

3.1 절 과부하 판별

전류값만으로 과부하를 판별할 경우 전류측정치의 오차를 줄이기 위해 추가적인 회로구성이 필요하다. 또한 위상차만으로 판별할 경우도 역시 추가적인 회로구성이 있어야 하며 소프트웨어적으로도 복잡해지게 된다. 하지만 두 가지 정보를 모두 사용할 경우 회로적으로나 소프트웨어적으로도 부담이 적어지게 되어 간단하게 과부하를 판별할 수 있다. 과부하 판별을 위해서는 우선 전류값과 위상차를 검출하여야 한다. 일차적으로 정상상태일 때보다 높은 전류가 측정되며 전류파형과 전압파형의 위상차가 정상상태시보다 작아

질 경우 과부하로 판별할 수 있다. fig. 2는 검출된 전류와 위상의 파형을 보여주고 있다.

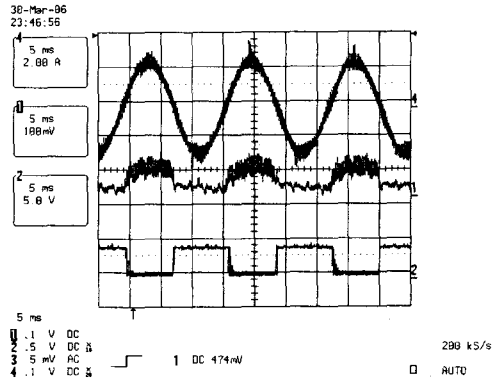


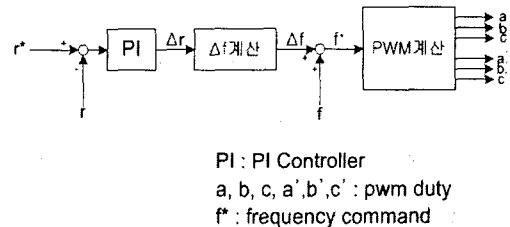
Fig. 2 60Hz 전류파형(4)과 위상파형(2)

3.2 절 제어알고리즘

fig.2 에서는 무부하 상태시의 파형이다. 전류파형은 4번이며 1번의 경우 위상파형을 검출하기 위해 전류검출단에서 op-amp등을 활용하여 1차단에서의 파형이며 최종 마이크로컨트롤러에 들어가는 위상파형은 2번 그림이다. 전압파형의 경우 마이크로컨트롤러에서 계산되어져서 출력단에 보내주므로 전압파형의 검출은 쉬운 편이며 fig.2와 같은 전류 위상파형과 비교하면 위상차를 비교적 쉽게 검출할 수 있다. 계속해서 위상차를 비교하여 현재 과부하 상태를 판별하고 PI제어기를 통하여 속도를 보정하면 일정압력 상태로 만들어 줄 수 있게 된다.

이와 같은 알고리즘을 구성하기 위해 먼저 정상상태시의 위상차가 필요하다. 이를 r'라 정의하도록 하겠다. 또한 실제 위상차를 r이라고 하고 이상 적분 보상기[3]를 사용하여 구현하였다.

$$\Delta r = (k_{pr} + k_{ir} \frac{1}{p})(r^* - r) \quad (1)$$



PI : PI Controller
a, b, c, a', b', c' : pwm duty
f' : frequency command

Fig. 3 제안된 제어 알고리즘

식(1)에서 구한 위상차를 이용하여 속도지령치를 보정하여 간단하게 구한다.

$$\Delta f = k * \Delta r \quad (2)$$

전반적인 제어 알고리즘 블록 다이어그램은 fig. 3 과 같다. fig.3과 같은 제어기의 구성에 있어서 가장 문제시 되는 점은 이상 적분 제어기의 비례이득과 적분이득의 값을 결정하는 것이며 이는 여러 번의 실험을 통하여 더욱 정확하게 구할 수 있다.

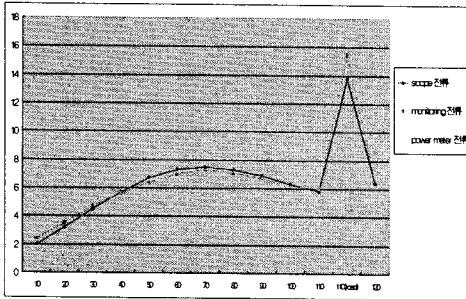


Fig. 4 전류값의 비교

fig.4는 오실로스코프와 파워미터 그리고 인버터에서 시리얼통신을 통해 보내주는 전류값을 비교하고 있다. 여기에서 정격주파수는 110Hz이며 110(load)는 110Hz에서 부하가 걸렸을 때의 전류값이다. 전류오차는 거의 없으며 이로 인하여 과부하시 상태파악은 더욱 용이하다.

fig.5 는 이 논문에서 사용된 인버터 회로이며 인버터의 주요사양은 appendix의 table.2와 같다.

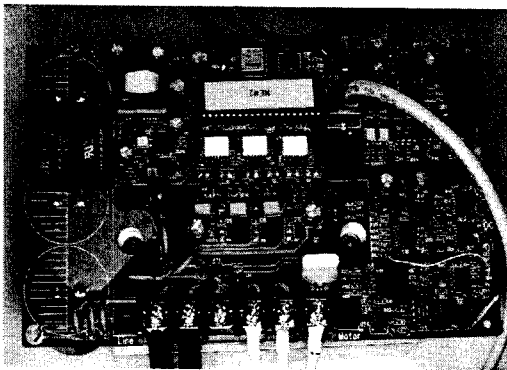


Fig. 5 Inverter Circuit

fig. 6은 시리얼 통신을 통하여 인버터를 구동하기 위한 MFC프로그램이며 속도지령치를 직접 입력하여 인버터를 구동시킬 수 있다. 또한 전류, 인버터온도, 속도, 파워, 토크 등을 계속적으로 감시하여 보여준다.

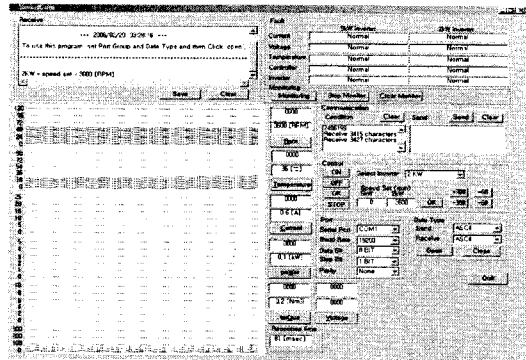


Fig. 6 인버터 모니터링과 구동을 위한 프로그램

4. Conclusion

이 논문에서는 범용 마이크로컨트롤러를 이용하여 유체부하를 갖는 유도기제어를 다루었으며 특히 과부하시 최대의 효율을 갖도록 하는 간단한 유도기제어를 중점적으로 다루었다.

우선 과부하의 판별이 중요하며 과부하의 판별은 전류와 전압파형의 위상차 그리고 전류값을 감시하여 과부하 상태를 파악한다. 위상차를 조금 더 정확도를 높여서 검출하게 되면 위상차만을 가지고도 현상태를 파악이 가능하다. 위상차의 변화를 가지고 속도 지령치를 다시 계산하여 과부하시 속도를 변화시켜주게 된다. 그리하여 유지시키고자 하는 압력에 최대한 근접하여 유지되어지며 성능을 향상시킬 수 있다.

References

- [1] D. W. Novotny and T. A. Lipo "Vector Control and Dynamics of AC Drives," Oxford University Press, 1996.
- [2] Andrzej M. Trzynadlowski, "The Field Orientation Principle in Control of Induction Motors," Kluwer Academic Publisher, 1994.
- [3] Benjamin C. Kuo, "Automatic Control System," Wiley, 1995.
- [4] Schiemenz. I.Stiebler. M., "Control of a permanent magnet synchronous generator used in a variable speed wind energy system" Electric Machines and Drive Conference, pp.872-877, 2001.
- [5] Abrahamsen. F, Blaabjerg. F, Pedersen. J.K, Grabowski. P.Z, Thogersen. P."On the energy optimized control of standard and high-efficiency induction motors in CT and HVDC applications" IEEE Transaction, Volume 34, Issue 4, July-Aug. 1998 pp. 822-831,

Appendix

	PIC18F4431
Program Memory	16KByte
Data Memory	768Byte
14bit Power Control PWM	8 Channels

Table. 1 PIC18F4431의 주요 사양

적용모터	상상 유도 모터, 3kW, 2pole/4pole, 220V
정격용량	3.5kVA
출력정격전류	6.2A(rms)
출력주파수	0~129Hz
정격주파수	110Hz
출력전압	3상, 선간전압 0~212V(peak to peak)
입력정격전압	삼상, 220V, $\pm 10\%$
입력주파수	60Hz, $\pm 5\%$
인버터 중량	0.45kg
냉각방식	수냉
제어방식	V/F 제어
V/F 비	리니어, 유지V/F
과부하 내량	150% 1분
운전 방식	serial 통신 RS485
주파수 설정	serial 통신 RS485
운전상태 모니터링	DC link 전압/운전 주파수/방열판 온도/전류/ 등 통신에 의해 전달
과전류/과전압/과열 보호	출력 전류/DClink 전압/방열판 온도를 검출하여 과전류/과전압/과열 시 차단 (hardware에 의한 차단)

Table. 2 인버터 주요사양