

비정현 인버터로 구동되는 유도전동기의 맥동토오크와 진동특성연구

백 수 현 · 신 성 진* · 윤 신 용 · 최 병 인 · 이 상 우
동국대학교 전기공학과

The Study on Torque Ripple and Vibration Characteristics of Nonsinusoidal Inverter Induction Motor System

S.H Back · S.J Shin* · S.Y Youn · B.I Choi · S.W Lee
Dong-Guk University

Abstract - In induction motor, The harmonics would be produced, and that cause the torque ripple and vibration of motor.

So, it is necessary to analyze exactly the torque ripple components and the vibration of motor by harmonics.

In this paper, By using the sinusoidal waveform, 6 step waveform, PWM(Pulse Width Modulation) waveform, analyzed induction motor characteristics,

1. 서 론

유도전동기는 입력 주파수에 의해 속도가 결정되어지는 정속도 특성을 갖는 전동기이므로 가변속분야보다는 속도제어를 필요로 하지 않는 상용전원에서의 정속운전에 주로 이용되어왔다.^[1] 그러나 최근에 들어 온-오프가 자유로운 전력용 트랜지스터, FET, IGBT 등의 전력용 고속 스위칭 소자의 개발과 인버터의 고성능화로 인해 유도전동기의 속도 조절이 가능하게 되어 구동기로서의 사용범위가 증가되고 있다.^{[2],[3]}

한편, 유도전동기의 가변속제어에는 인버터가 주로 이용되는데 구동시 인버터 전원 고조파에 의한 토크의 맥동이 일어나며 이는 유도전동기의 제어특성에 대한 악화를 초래하므로 진동과 소음의 주원인이 된다.^{[4],[5]} 그러므로, 인버터 전원전압에 포함된 고조파가 토크크 맥동에 미치는 영향을 파악하기 위해서 유도전동기 출력 토크에 포함된 맥동토오크 성분의 해석과 동시에 인버터 전원에 포함된 고조파 성분의 해석이 필요하게 된다.

본 논문에서는 200[W]급 유도전동기를 대상으로 하여 인버터의 전원과 부하의 가변에 따른 이론특성을 시뮬레이션 함으로써 토크의 고조파 성분을 FFT로 분석하고자 하며 실험을 통하여 이러한 결과와 기계적인 요인에 의해서 발생되는 진동현상을 시뮬레이션 결과와 비교 검토하고자 하였다.

2. 본 론

본 논문에서는 유도전동기를 정현파전원, 6 스텝 인버터전원, PWM 인버터전원으로 구동하는 경우 각각에 대한 특성을 해석하고 인버터와 유도전동기의 손실과 맥동토오크 및 진동을 발생시키는 고조파 특성을 서술하고자 한다.^{[6],[7]}

2.1 6 스텝 인버터

그림 1은 다이리스터를 이용한 3상 브리지 인버터 회로를 나타낸 것이다. 그림에서 0온 DC 링크전압 V_d 의 이론적인 중성점을 나타낸다. 동작원리는 다이리스터 Q_1, Q_3, Q_5 는 정전압 일 때 동작하며 다이리스터 Q_2, Q_4, Q_6 는 부전압 일 때 동작한다.

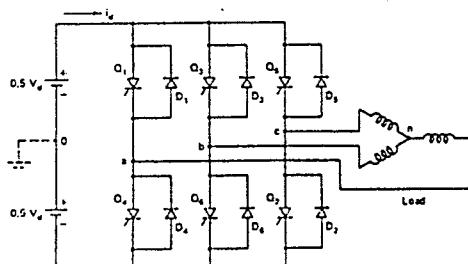


그림 1 3상브리지 인버터회로

현할 수 있다.

2.2 PWM 인버터

PWM 방식은 출력파형의 반사이를 안에 다수의 펄스열을 만들고 그 펄스폭의 등가 전압을 사인파 모양으로 변화시켜 저차 고주파가 적은 매끄러운 출력을 얻는 방식이다. 일반적으로 PWM인버터는 정현파인 기준신호와 높은 주파수의 삼각파를 비교함으로써 스위칭 신호를 발생하게 된다. 이러한 변조방식은 산업용용분야에 널리 사용되며 SPWM^[8]이라고 한다. 그림 2는 그림 1의 3상 브리지 인버터회로에 대해 정현 펄스폭 변조방식을 나타낸 것이다.

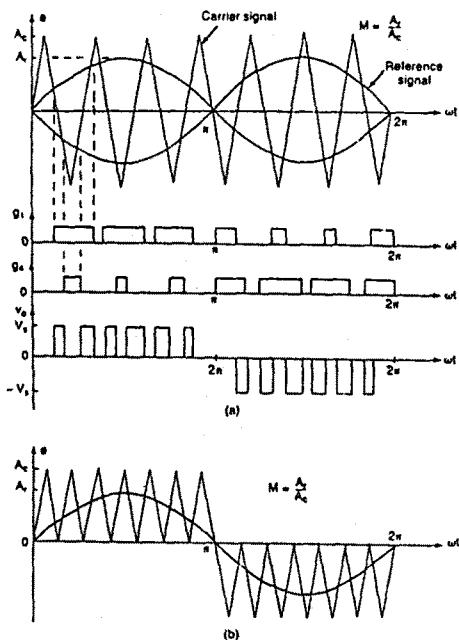


그림 2 정현 펄스폭 변조

2개의 스위치가 동시에 오프될 수 없기 때문에 V_{ad} 는 2개의 값 ($\frac{1}{2} V_a$ 와 $-\frac{1}{2} V_a$) 사이에 있다. 기준신호의 주파수 f_r 은 인버터출력 주파수 f_0 를 결정하며 이것의 피크크기 A_r 은 변조지수 M 과 실호출력전압 V_0 를 제어한다. 반주기당 펄스의 수는 반송주파수(스위칭주파수)에 의존한다. 그림 2(a)에서 A_c 에 대한 A_r 의 비는 제어변수이고 변조지수는 식 (2-1)으로 표

$$M = \frac{A_r}{A_c} \quad (2-1)$$

변조지수 M 을 0부터 1까지 가변함으써 실호출력전압은 0부터 V_s 까지 가변 될 수 있다. δ 가 각펄스의 폭이라면 실호출력 전압은 식 (2-2)과 같다.

$$V_0 = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_{(\pi-\delta)/2}^{(\pi+\delta)/2} V_s^2 d(\omega t)} \\ = V_s \sqrt{\frac{\delta}{\pi}} \quad (2-2)$$

2.3 인버터에 따른 구동전원의 고조파 특성

고조파 전류는 공극에 고조파 자속을 생성하고 회전자에 고조파 전류를 발생시켜 이러한 고조파는 유도전동기에 해로운 영향을 미치고 있다. 그림 3은 K차 고조파에 대한 등가회로를 나타낸다.

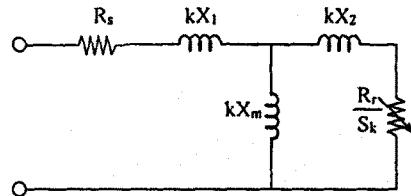


그림 3 K차 고조파 등가회로

여기서 K는 고조파 차수이며 n차 고조파 슬립 S_k 는 식(2-3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_k = \frac{k\omega_e + \omega_r}{k\omega_e} \quad (2-3)$$

그림 3으로 부터 $kX_n \rightarrow \infty$ 이 $(kX_s + kX_r) \gg (R_s + R_r)$ 이라 가정하면, 고조파 전류는 식 (2-4)과 같이 표현된다.

$$I_k = \frac{V_k}{k(X_s + X_r)} \quad (2-4)$$

3. 시뮬레이션 및 결과

그림 4.1은 200[W] 정격의 유도전동기를 정현파 전원으로 구동할 경우 부하 가변에 따른 토오크 및 진동 스펙트럼이다.

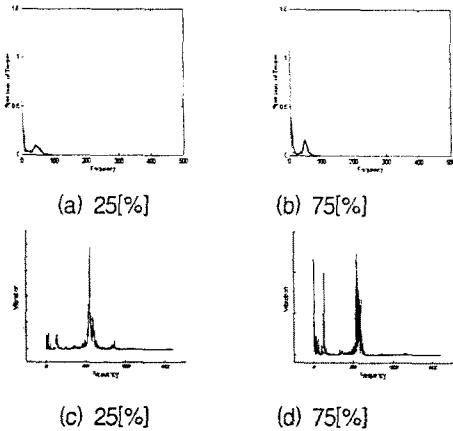


그림 4.1 고조파에 의한 토오크 및 진동 스펙트럼

그림 4.2은 200[W] 정격의 유도전동기를 6 스텝 인버터 전원으로 구동할 때 부하 가변에 따른 토오크 및 진동 스펙트럼이다.

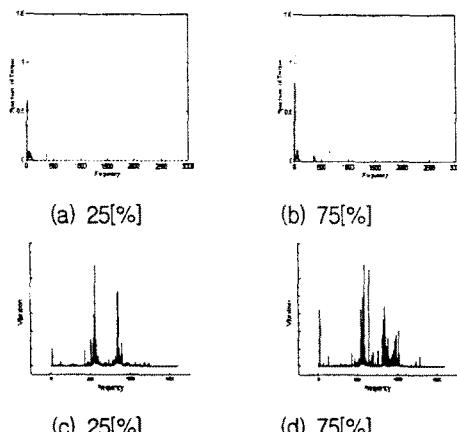


그림 4.2 고조파에 의한 토오크 및 진동 스펙트럼

그림 4.3은 200[W] 정격의 유도전동기를 PWM 인버터 전원으로 구동할 때 부하 가변에 따른 토오크 및 진동 스펙트럼이다.

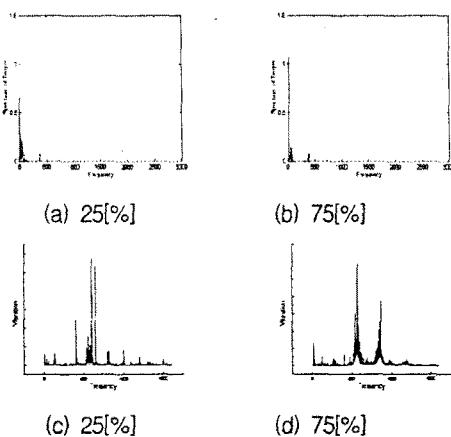


그림 4.3 고조파에 의한 토오크 및 진동스펙트럼

4. 결 론

본 논문에서는 정현파전원, 6 스텝 인버터전원, PWM 인버터전원을 이용하여 유도전동기의 부하를 가변함으로써 전원고조파에 의한 맥동토오크와 전류를 시뮬레이션을 이용해 파악했다.

그림 (4.1),(4.2)및(4.3)은 200[W] 정격의 유도전동기를 구동 시킬 때 전원고조파에 따른 맥동토오크와 진동을 FFT로 분석한 것이다. 부하가 증가함에 따라 고조파가 많이 나타남을 알 수 있고, 유도전동기 구동시 고조파에 의한 맥동토오크가 유도전동기의 진동 현상에 원인이 됨을 확인 할 수 있었다. 또한, 인가전원에 따라 부하를 증가함으로써 고조파의 영향으로 속도가 감소하며 유도전동기의 진동이 심해짐을 알수 있었다.

실험을 통하여 시뮬레이션과 비교한 결과 본실험에서는 시뮬레이션과 약간 상이한 고조파 성분이 측정되었으며 이는 기계적인 요인에 의한 것으로 간주된다. 따라서 이기계적인 요인으로는 편심, 슬롯의리풀, 축결합에 의한 영향 및 베어링수에 의한 영향으로 여

겨짐을 알 수 있다.

본 논문에서 고려하지 않은 유도전동기의 베어링, 슬립 등의 진동 영향에 대해서도 고려할 필요가 있을 것으로 생각되며 유도전동기의 불안정 특성을 보완시킬수 있는 방안에 대해서도 지속적으로 연구할 필요가 있을 것으로 사료된다.

[참고문헌]

- [1] P.L Alger, "The Nature of Induction Machine", New York, Gordon and Breach Science Publishers, 1965.
- [2] B.K. Bose, "Adjustable Speed AC Drive System", IEEE PRESS, A81, pp.1-21. 1965.
- [3] R. Joetten, Chr. Lehl, "A Fast Space-Vector Control for Three-Level Voltage Source Inverter," European Conf. on Power Electronics Applications, FIRENZE, pp.2-170-2-075, 1991.
- [4] Ryuzo Ueda et al, "Experimental results and their simplified analysis on Instability problems in PWM inverter induction motor drives," IEEE Trans. on App. Vol. 25, no. pp.86-95, Jan/Feb. 1989.
- [5] R.P. Stratford, "Rectifier Harmonics in Power Systems", IEEE Trans. Ind. Appl. Vol.IA-16, no. 2, Mar/April. 1980.
- [6] John M.D. Murphy, Michael G. Egan, "A Comparison of PWM Strategies for Inverter-Fed Induction Motors", IEEE Trans. on I.A, Vol.19, No.3 pp.363-369, 1983.
- [7] Prand N. Enjeti, "Programmed PWM Techniques to Eliminate Harmonics", : A Critical Evaluation, IEEE Trans. I.A, Vol.26, No.1, 1987.
- [8] S.R Bowes, "New Sinusoidal Pulse Modulated Inverter", Proc IEE, Vol.122, No.11, pp.1297-1285, 1975.