

2000년도 대한전기학회 전문대학교육연구회 학계학술대회 논문집 2000. 7. 7-8

단상 유도전동기의 최대효율 구동법에 관한 연구

° 김준홍*, 배종문*
부산정보대학*

A Study of Optimal Efficiency Drive of An Induction Motor

° J. H. KIM*, J. M. BAE*
Pusan Information Technical College*

Abstract - This paper is focussed on an optimal efficiency control which is operated by voltage-current pattern such as to maintain the maximum efficiency output characteristics of the motor. The voltage control is realized by phase control thyristors.

1. 서 론

에너지의 절감은, 오늘날 모든 분야에서 요망되고 있고, 전동기의 용용 분야에 있어서도 구동 기술의 측면에서 고효율화를 추구하는 연구가 성행하고 있다. 유도전동기는 견고하고 값이 저렴하기 때문에 산업용으로부터 가정용에 이르기까지 매우 많이 사용되어지고 있고, 그 운전의 고효율화는 에너지 절감에 공헌하는데 크게 기여한다. 광범위하게 변하는 부하 및 간헐 부하가 걸리는 유도 전동기에서는 경부하시의 효율개선에 관한 연구가 종종 이루어지고 있다.

본 논문에서는 간헐부하 등이 걸리는 단상유도전동기의 전력절감 운전에 관해 최대효율을 보여주고 예측하는 전압, 전류의 제어 패턴을 이용한 간편한 고효율화 구동법을 제안한다. 부하역률의 진상, 지장에 관계없이 적용이 가능하다는 등의 장점이 있다.

본 논문에 쓰여진 방법은, 경부하시에 인가전압을 낮추고 철손 등의 손실을 감소시키는 원리에 기초를 두고 있다. 단상유도전동기는 부하의 대소에 관계없이 최대효율을 보이는 때의 전압과 전류가 거의 비례한다는 특성을 나타낸다. 즉, 최대 효율을 얻기 위해 미리 설정된 전압, 전류의 관계를 유지하며 구동하면 임의의 부하상태에서 전동기의 최대효율 운전이 가능하게 된다.

2. 패턴(Pattern)제어법

2.1 실험에 의한 검토

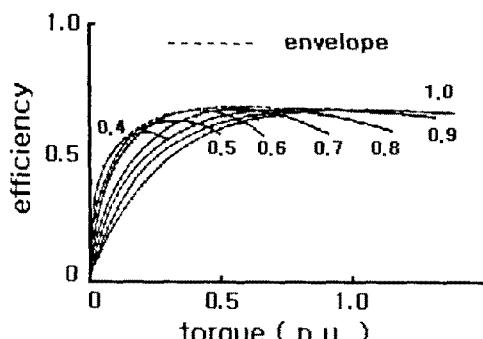


그림 1. 정현파 구동시의 효율

Fig. 1. Efficiency at sine-wav
operation.

그림 1은 콘덴서 기동형 단상유도전동기를 정현파 가변 전압으로 구동한 경우 효율을 나타내고 있다. 경부하에서는 전압을 낮추는 편이 효율이 높게된다. 이 경우 효율개선은 주로 철손, 동손의 감소에 기인한 것이다. 이 특성에 따르면 전동기의 고 효율화는 경부하의 정도에 대응하는 감전압 구동을 어떻게 실현하는가가 과제이다. 그림 1에서 각 전압에서의 최대효율을 결정하는 포물선이 부하에 따라 효율의 목표치에 있다. 이 최대효율을 보여주는 경우의 전동기의 전압, 전류 특성을 구하면 그림 2와 같이 된다. 그림 2에 의하면 전압, 전류 사이에는 거의 비례하는 관계가 있음을 나타내어 준다. 따라서 만약 임의의 부하상태에서 이 특성에 일치하게끔 전압, 전류를 제어하는 것이 가능하면 그림 1의 최대효율의 포물선에 따르는 운전이 실현 가능하게 된다.

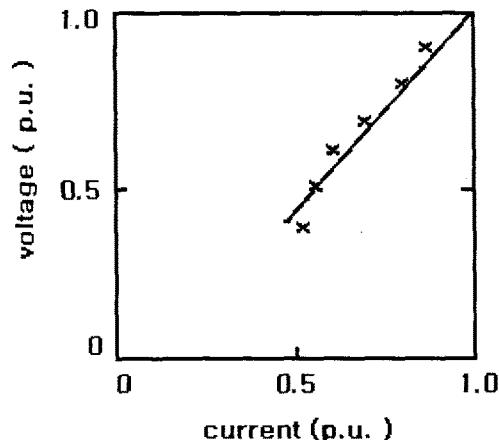


그림 2. 최대효율시의 전압-전류 특성

Fig. 2. Voltage-current characteristics at maximum efficiency.

2.2. 토오크 제어

본 논문의 전력절감 구동에는 가변 전압제어장치가 불가결하다. 이 경우 그림 3과 같은 사이리스터 또는 토오크에 따른 위상 제어법이 가장 간단하고 실용적이다. 토오크에 의해 제어할 경우 전동기의 효율은 그림 4와 같이 된다. 제어패턴을 그림 4로부터 구해보면 그림 5가 된다. 그림 5에서도 전압, 전류 특성은 직선적이고, 점선은 최대효율의 범위를 나타낸다. 그래서 가장 근사한 이 범위 내에서 생각하면 전동기의 정격전압, 정격전류값과 원점을 잇는 직선이 가장 용이하게 구해지는 패턴이 된다.

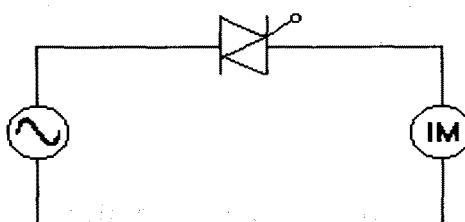


그림 3. 단상 유도전동기의 위상 제어
Fig. 3. Phase control of a single-phase induction motor.

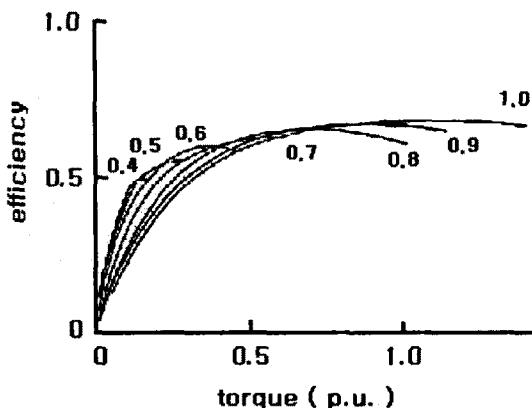


그림 4. 위상 제어시의 효율
Fig. 4. Efficiency in phase control.

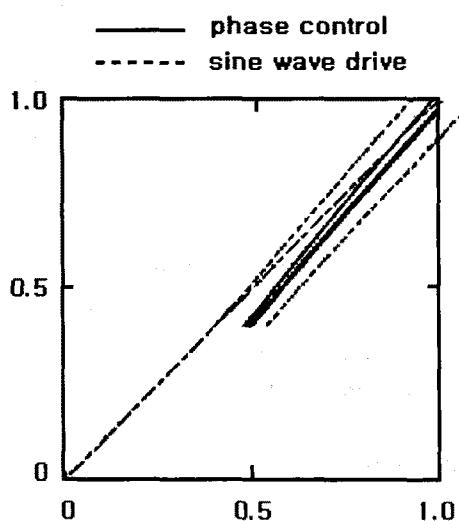


그림 5. 최대효율시의 전압-전류 특성
Fig. 5. Voltage-current characteristics at maximum efficiency.

3. 전압, 전류 패턴의 간이 결정법

제어 패턴의 설계는 본 절전 구동법의 근간이 되는 부분이다. 여기서는 그림 2 및 그림 5의 특성이 거의 일치하므로, 위상제어에 의한 고주파동을 무시하고 근사적으

로 전동기의 등가회로로부터 제어패턴이 도출된다고 가정하자. 단상유도전동기의 등가회로의 parameter는 (1) 1차 권선저항측정 (2) 무부하시험 (3) 구속시험의 세 가지 시험으로부터 결정한다. 등가회로에서 슬립을 줄 경우의 계산으로부터 최대효율 점을 구하는 것이 가능하다. 예를 들면 단상유도전동기에 관해 최대효율 점을 주는 전압과 전류의 관계는 그림 6처럼 된다. 참고로 그림에는 최대 효율보다 0.5% 낮은 패턴도 덧붙였다. 이 범위 내에서 앞의 항과 같이 생각하면 역시 가장 용이한 정격전압, 정격전류값과 원점을 잇는 직선 패턴이 얻어진다.

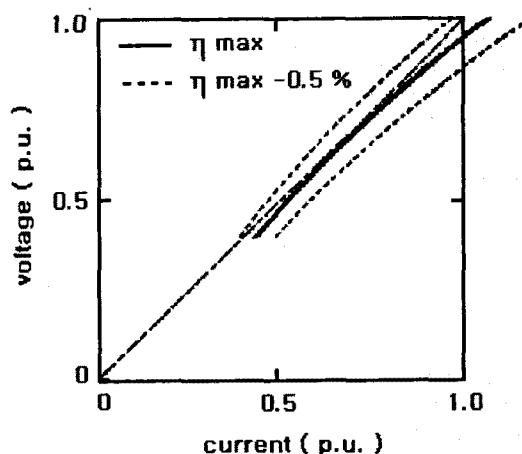


그림 6. 등가회로에 의한 최대효율시의 전압-전류 특성
Fig. 6. Voltage-current pattern at maximum efficiency by equivalent circuit.

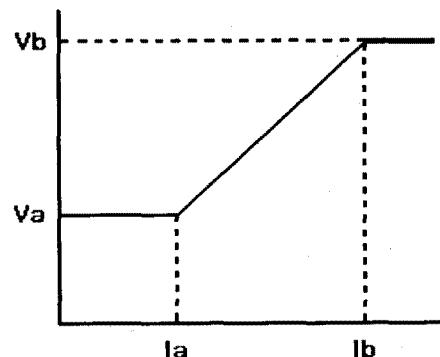


그림 7. 실용적인 전압-전류의 전동기 설계
Fig. 7. Practical V-I pattern design.

이상과 같이 정격전압, 정격전류값의 패턴이 가장 용이하고 실용적인 패턴이라 말할 수 있는 것은 실험적으로도 이론적으로도 증명된다. 이상의 고찰에 의해 제어 패턴은 실용적으로는 그림 7과 같은 3개의 곡선이 구성된다고 생각된다. 이 경우 인가전압의 최대값과 최소값을 결정할 필요가 있다. 최대전압 V_b 는 전원전압으로 정해지고 최소전압 V_a 는 전동기 무부하시의 전부하가 인가되는 경우도 있기 때문에 아래로 너무 떨어지지 않게 설정하는데 있다. 실용적으로는 최대전압의 40%~50% 정도를 목표로 한다. 즉 이 경우 전류 I_b 는 직선

패턴에 대응된 전류값으로 된다. 또 정전압 V_a , V_b 는 I_a , I_b 의 정전류 작동 패턴으로 하는 것도 생각되게 한다.

4. 실험 및 고찰

4.1. 구동회로

전동기를 구동하기 위해서 그림 8의 구동제어회로를 사용한다. 이 회로에는 전압 및 전류의 검출에는 실효치-직류 변환 IC를 쓰고 Gate pulse 발생 회로로는 위상제어 회로용 IC를 사용했고, 전압 전류 패턴은 연산증폭기를 써서 구성했다. 그림 9는 실험에 사용된 패턴이고, 횡축은 실효치전류(2A/div)에, 또 종축은 실효치전압(20V/div)에 대응하고 있다. 전동기의 최대인가전압은 100V이고, 최소인가전압은 40V로 되어 있다.

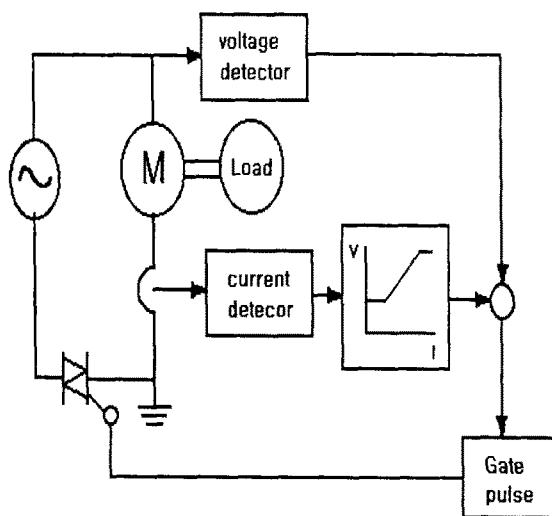


그림 8. 제어 시스템.

Fig. 8. Control system.

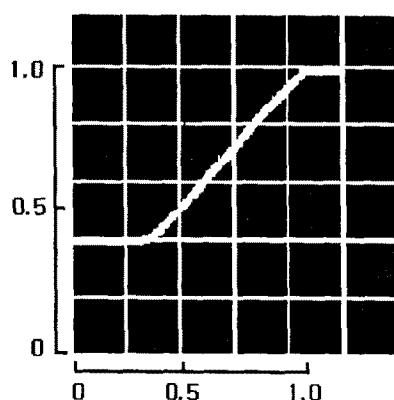


그림 9. 전압-전류의 패턴.

Fig. 9. V-I Pattern.

4.2. 구동회로의 동작

본 절전 시스템의 동작은 아래와 같다. 먼저 전동기의 경부화를 부담, 어떤 전압으로 작동하고 있을 때 본 시스템이 동작하려면 전동기의 전압과 전류가 검출되고 직류로 변환된다. 사전에 짜여진 전압 전류 패턴을 참조하는 것에 의해 검출된 전류값에 대응해서 인가를 통찰한

전압의 목표치 V^* 가 출력된다. 이 목표치 V^* 는 실제전압 V 와 비교되어 ΔV 가 되는 전압오차 신호로 되고 이것이 증폭되어 트라이악(TRIAC)의 점호각을 결정한다. 점호각의 변화에 의해 전동기 전류가 변화하므로 전압의 목표치 V^* 자신도 변화한다. 전압 전류 검출의 지연 등의 영향도 있지만 전압 전류의 동작점은 기본적인 제어패턴에 끌어들이는 활동으로 평행이 얹어지는 최종적인 동작점에 구속하는 것으로 된다.

5. 전동기의 특성

5.1. 효율 개선

본 논문으로 제안된 패턴 제어시의 전동기의 효율 특성은 그림 10과 같다. 그림에 의하면 전동기의 효율은 경부하시에 상응하고 부하 토오크가 0.6 P.U값 이하로 정격운전시에 비해 효율 개선이 인정된다.

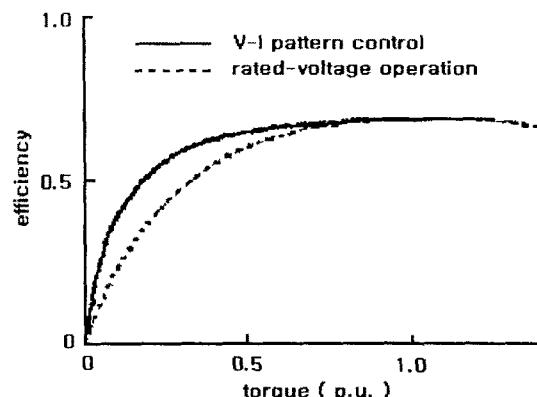


그림 10. 전압-전류 패턴에 의한 전동기의 효율 특성

Fig. 10. Efficiency characteristics of the motor controlled by V-I pattern.

5.2. 과도 특성

이상의 검토는 정상상태를 대상으로 한 것이지만 여기서는 부하 변화시의 특성에 따른 실험적인 것을 말한다. 실험에 쓰여진 부하 장치는 과전류 제동기이고, 부하 변화로서의 제동기의 여자전류를 급격히 변화하였다. 과도 상태에 있었어도 안전하게 작동되는 것을 알 수 있다. 본 구동회로에는 계통의 안정화 때문에 전압오차 신호 ΔV 를 1차 대피 회로를 개입시켜 Gate pulse 발생회로에 입력되어 있다.

6. 결 론

이상으로서 단상유도전동기의 최대 효율 구동법에 의해서 간이하고 유효한 패턴제어법 제안한다. 본 패턴 제어법의 장점을 열거하면 다음과 같다.

- (1) 전압 및 전류의 크기를 알 수 있으면 좋으므로 검출이 용이하다.
- (2) 제어패턴은 3개의 곡선에 위한 근사가 가능하므로 구성이 용이하다.
- (3) 경부하시의 넓은 범위의 절전효과를 얻을 수 있다.
- (4) 전전된 역률 부하도 되고, 콘덴서형 단상유도 전동기에도 적용이 가능하다.
- (5) 1차 전압 제어 및 인버터제어의 삼상유도전동기에도 적용이 된다.

즉, 본 방법에 관련시켜 TRIAC 제어법으로 해서 검출 전류신호에 의해 점호각의 직접 패턴 제어에 있어서도 가능하다는 것을 알 수 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] Nola, F. J. : "Power factor controller -An energy saver-", IEEE IAS Annu.Meeting, pp.194-198, 1980
- [2] Rowan,T.M.& Lipo,T.A. "A quantitative analysis of induction motor performance improvement by SCR voltage control", IEEE Trans. Ind. Appl., vol.IA-19, No.4, pp.545-553, 1983
- [3] H. Tomita et al. "An optimal efficiency control for energy saving of AC motor by thyristor voltage controller", IEEE IECON'88, pp. 816-819, 1988