

상변환에 의한 유도전동기의 3단 속도제어에 관한 연구

THREE-STEP SPEED CONTROL IN THE INDUCTION MOTOR BY PHASE CONVERSION

제 해 영
김 수 온

울산공대 전기공학과

요 약

상변환에 의한 농형유도전동기의 1/3, 2/3 속도제어 방법에 대하여 연구하였고, 종래의 극수변환 방법과 비교하였다. 1마력, 36슬롯을 모델로 하여 1800, 1200, 600rpm을 얻어 내었으며, 극수변환 방법에 비하여 고정자의 크기, 슬롯수, 동량을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있었다.

1. 서론

유도 전동기의 속도제어는 쉽지않다. 그 이유의 주된 이유는 유도전동기는 직류전동기의 정류자와 같은 스위칭 작용을 갖고 있지 않기 때문이다. 속도제어를 위하여는 극수변환이나, 주파수 변환과 같은 기자력 파형의 단속작용에 의한 제어법에 의존하고 있다. 그리고 전압제어, 2차저항, 2차여자, 와전류 브레이크, 벡터 좌표법 등에 의한 속도제어법은 효율이 떨어지거나 구조가 복잡해지는 문제점이 있어 실용이 어려운 입장이다(2).

주파수 변환법은 전원장치가 고가가 되며 극수 변환법은 1/2, 1/4속도제어에는 용이하나 그외 속도제어는 2중권선을 감아야하는 불편한점이 있다(1).

이 논문에서는 상변환과 슬롯 스위칭법에 의하여 단중권선으로서 1/3, 2/3속도를 얻어 낼수 있음을 보여주고 있으며, 이 방법에 의하여 권선형 유도전동기에 있어서 경부하시에 저속범위(300rpm)까지 연속적인 속도제어를 할수 있음을 나타내고 있다.

2. 상변환과 슬롯 스위칭의 원리

그림1은 3고조파 파형모양의 기자력 합성과 단상변환에 의한 2/3 속도제어의 형상을 보여 주고 있다. 스위칭 접점이 되는 S1, S2, S3, ...는 코일 위치와 권선방향에 의해 표시된다. 그리고 단상운전은 3상운전보다 토크가 감소하고 자기동의 어퍼움이 있으나 36슬롯을 기준으로 하여 60°상차각을 두어 시동시키고, 3상 4극을 단상 6극, 단상 12극으로 운전시킴으로서 이 문제를 해결하였다. 그림2에서 a상은 9슬롯과 27슬롯을 중심으로 권선이 감겨 있음을 보여 준다. 이것은 9/9전접권 정현파 모양이나 합성 기자력은 구형파가 됨으로서 자기포화현상과 고조파에 의한 소음발생의 원인이 된다(3). 그러나 사진1에서와 같이 층별로 각각 9/9 전접권으로 2중 권선을 감고 콘덴서에 의하여 슬롯과 각 위상각을 중으로써 포화현상을 막고 있다.

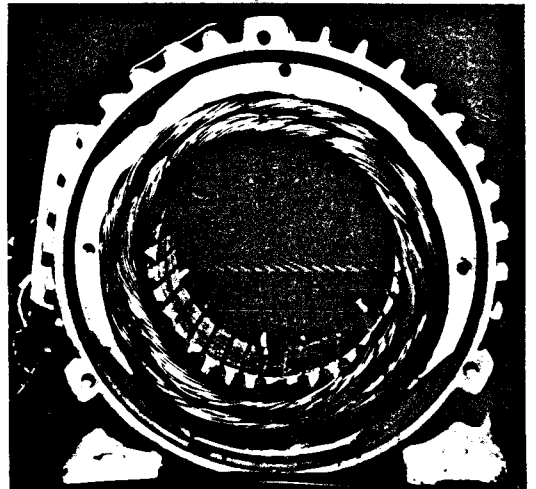


Photo1. full-pitch double-layer winding

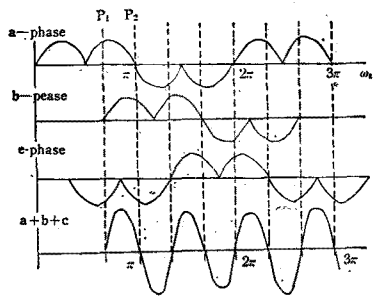


Fig.1. Single-phase, 6pole composition by summing of the 3rd harmonic mmf.

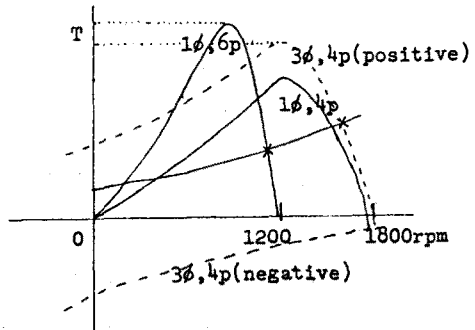


Fig.2. Comparison of maximum torque of 3φ, 4p and 1φ, 6p driving.

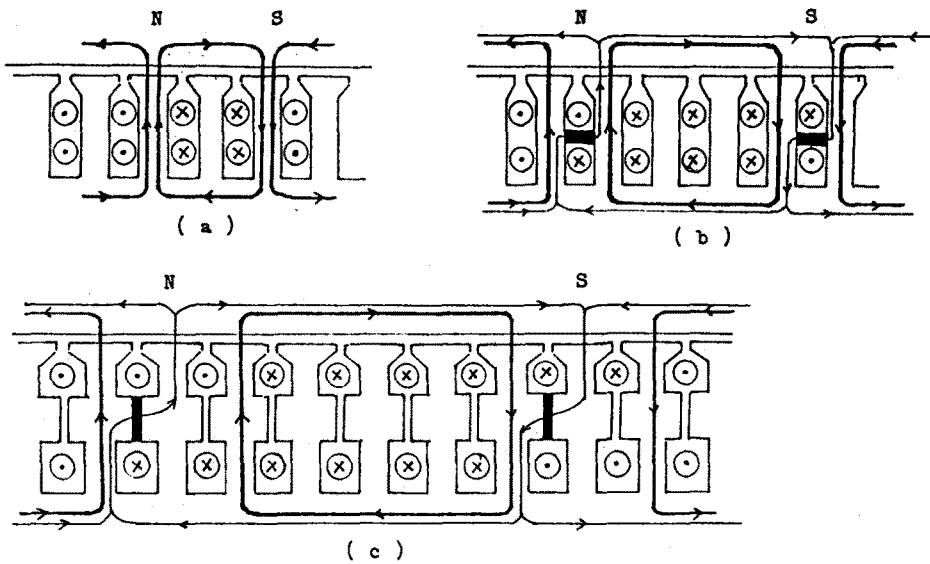


Fig. 3. Magnetic flux flow for the unsaturated single-phase operation. (a) No cross slot's flow. (b) 1 cross slot's flow with interposition of magnetic path. (c) 2 cross slot's flow with interposition of magnetic path in double deep slots.

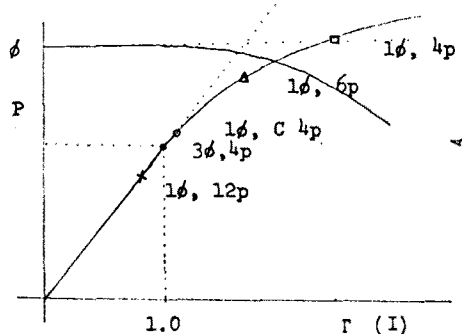


Fig. 4. ϕ -I saturation characteristics.

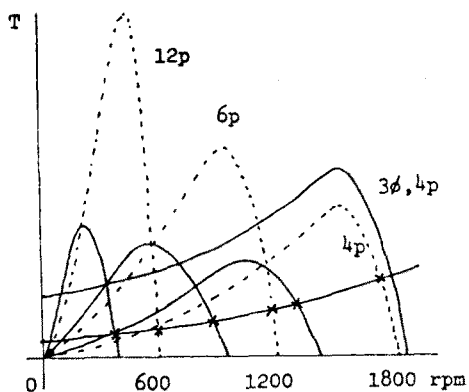


Fig. 5. Variable speed control in wound-rotor induction motor for the light loads.

Table.1. Step control in 3ϕ induction motor

	Phase Conversion ($3\phi - 1\phi$)			Pole Changing ($3\phi - 3\phi$)			Unit
	4p-4p	4p-6p	4p-12p	4p-8p	4p-6p	4p-12p	pole
winding layer	single	single	single	single	duplex double	duplex double	wind- ing
slot's number	24,36,48	24,36,48	24,36,48	24,48	36	36,72	slot
copper amount	1	1	1	1	2	2	p.u.
slot's depth	1	1	1	1	2	2	"
frame size	1	1	1	1	1.3	1.3	"
starting torque	1	0	0	1	1	1	"
maximum torque	0.87	1.12	2.08	1.72	1.34	2.43	"
magnetic saturation	0	0.15*	0.1*	0	0	0	"
harmonic distur- bance	0	0.1*	0.17*	0	0	0	"
conversion switch	1	2	2	1	1	1	ea
line current	1.73	1.73	1.73	1	1	1	p.u.
phase current	1	1	1	1	1	1	"

(*) : approximate value

3. 실험 결과

(1) 자기포화 특성

3상회전자계에 의한 운전은 과 자기통로에 균 등하게 기자력이 형성되므로 본제가 없으나, 단상운전은 고변자계에 의하여 극(pole)에 고정되므로 극과 극사이에 포화가 되고 자계를 왜형시킨다. 12슬롯, 24슬롯, 36슬롯, 48슬롯별로 슬롯수가 많아짐수록 이런 현상은 커지게 된다.

이런 본제점을 해결하기 위하여 고주 슬롯(cross slot)와 본연서 기동과 과 증별로의 2중 권선법을 사용하였다.(그림4, 3참조)

(2) 고조파에 의한 잡음특성

순단상 운전은 기동토크가 0이므로 기자력의 파형이 정현파가 되지 않으면, 기동시 크롤링(crawling) 현상에 따른 소음이 발생된다. 이 비동기토크의 영향을 줄이기 위하여 본연서에 의한 분상기동으로 기동토크를 크게 하였다.

(3) 극수변환법과의 비교

표1에서 보는 바와 같이 권선중, 슬롯수, 동량, 슬롯의 크기, 고정자의 치수에 있어서 장점을 갖고 있으나, 기동토크, 최대토크가 약간 감소하고, 자기포화, 고조파동을 방지하여야 하는 본제점을 가지고 있는 것으로 나타났다.

4. 권선형 유도전동기와 휴대용 소형전동기에의 응용

그림2에서와 같이 극수가 많아짐에 따라 토크는 비례하여 증가하게 되므로 이 원리를 이용하여 권선형 유도전동기에 응용하면 경부하에 있어서 회전저항에 의하여 1800rpm에서 1200, 600, 300 rpm 순으로 연속적으로 제어할 수 있고, 12슬롯 소형 농형전동기에 응용하면 고정자의 슬롯의 모양을 정현파 기자력을 발생할 수 있는 형태로 개선하여, 드릴(drill)이나 그라인더(grinder) 등의 교류정류자 전동기에 대신하여 응용될 수 있을 것으로 보인다(4).

5. 결론

AC 가변속전동기의 제어는 가변속기계동장치 전력용반도체, 마이크로프로세서등의 유기적인 활용으로 다양해 가고 있으나, 극수변환법 이상,

실용적이고 경제적인 방법이 아직 없는 실정이다. 그러나 이것 역시 속도범위와 권선중의 움직임에 제한성이 있다. 이 점을 보완한 것이 상변환법이다(5). 이것은 자포화와 고조파발생의 단점이 있으나, 실험결과, 고정자 극면의 개선과 기동본연서의 적절한 선택, 자기통로의 개선으로 해결될 수 있을 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- (1) S.A.Nasar, "Electromagnetic Energy Conversion Devices and Systems," Prentice Hall, Inc, pp.235-282.
- (2) N.Mohan, "Improvement in Energy Efficiency of Induction Motors by Mean of Voltage Control", IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-99, July/Aug. 1980, pp.1466-1471.
- (3) H.Naitch and F.Harashima, "Effects of Magnetic Saturation on the Performance of Thyristor Commutatorless Motors", IEEE vol.IA-18, no.3, May/June 1982.
- (4) E.Leo Douville, "Selection and Application of Variable Speed Motor Drive Systems", IEEE vol.IA-18, no.6, Nov./Dec. 1982.
- (5) Thomas M.Jahns, "Improved Reliability in Solid-State AC Drives by Means of Multiple Independent Phase-Drive Units", IEEE vol. IA-16, no.3, May/June 1980.