

회전자 유기전압을 이용한 단상유도전동기 기동방법의 개선

전삼석* 박찬원**
 서울정보기능대학* 강원대 전기공학과**

Improvement for the starting method of the single-phase induction motor use on the induced voltage of the rotor use on the induced voltage of the rotor

Sam-Sug Chun* Chan-Won Park**
 Seoul Information Polytechnic College* Dept. E.E. Kangwon Univ**
 College*** Collage

Abstract - 단상유도전동기로 사용되는 커패시터 기동방식이나, 커패시터 구동-기동방식의 단상유도전동기는 전동기가 기동된 후 원심력스위치를 이용해서 기동용 커패시터를 개방하거나, 액체냉매 사용장소 등에서는 전류릴레이를 이용해서 이들을 개방한다.

본 연구에서는 원심력스위치나 전류릴레이 대신 회전자 전류에 의한 자속에 의해 기동권선에 나타나는 전압을 검출하는 릴레이를 기동권선에 연결하여, 회전속도에 비례하는 기동권선 전압으로 릴레이 코일을 여자하여, 릴레이 접점이 기동권선을 개방하는 방법을 적용한다.

이 기동방법은 전동기 축에 연결하는 원심력스위치나 전류릴레이에 비해 전동기의 크기를 줄이고, 릴레이를 별도로 설치 가능하여 방폭형전동기 제작에도 보다 효율적인 방법을 제공한다.

1. 서론

단상유도전동기는 소형전동기로서 가전 분야에서 다양한 용도로 사용된다. 단상유도전동기는 다상유도기와 다르게 상간 불평형에 의해 타원자계가 발생하여 구조는 간단하나 해석 방법은 매우 복잡하고 어렵다. 단상유도전동기 중 커패시터 구동-기동형 전동기에서 기동을 위해 설치된 기동용 커패시터를 일반적인 방법으로는 원심력스위치로 전동기 축에 부착되면 설계상 전동기의 길이가 크게되고, 접점의 스위치 동작에 의한 불꽃으로 발화성 가스, 액체사용 등의 취급장소에는 사용이 부적합하다.

본 논문에서는 원심력 스위치 대신 소형 릴레이를 사용해서 기동용 커패시터를 분리하는 방법을 구현해 봤다. 회전자가 회전력을 얻어 회전을 시작하면 회전자 권선에 흐르는 전류에 의한 자속이 발생하고, 이 자속에 의해 기동권선에 전압이 유기되며, 회전속도가 빨라질수록 이 기동권선에 나타나는 전압은 높아진다. 전동기가 동기 속도에 가까워져 기동을 완료하면 기동권선의 전압은 일정하게 된다. 여기서 기동권선에 릴레이

를 연결하여 전동기가 정상속도로 갈 수 있는 최적의 시점에서 릴레이를 동작시켜 'b'접점으로 커패시터를 분리하였고, 실험에서는 기동용 커패시터 용량을 조절하여 릴레이를 이용한 콘덴서 분리의 가능성을 확인하였다.

2. 본론

2-1. 기동권선 이론

단상유도전동기 기동권선의 설치목적은 기동토크를 발생시키는 것이다. 그림1에서 주권선에 흐르는 전류 i_m 에 의해 자속 Φ_m 이 발생되며, 변압기 작용에 의해 회전자 권선에는 전압 e_{2m} 이 유기되며 전류 i_{2m} 이 흐른다. 이때 i_{2m} 은 주권선 자속 Φ_m 에 대해 반대되는 방향으로 흐르게 된다.

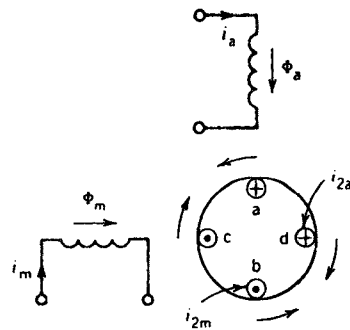


그림1. 단상유도전동기 기동 접속도

마찬가지로 기동권선에 흐르는 전류 i_a 에 의해 자속 Φ_a 가 발생하며, 이 자속에 의해 회전자권선에는 전압 e_{2a} 가 유기되며 전류 i_{2a} 가 흐른다. 이때 유기되는 전압의 실효치는

$$E_{2m} = 4.44f N_2 \Phi_m \quad (1)$$

$$E_{2a} = 4.44f N_2 \Phi_a \quad (2)$$

이고, 기동시 주권선과 보조권선의 회전자 전류 i_{2m} , i_{2a} 는 유효전압 e_{2m} , e_{2a} 보다 아래식과 같이 위상각이 θ 만큼 늦어지게 된다.

$$\cos\theta = \frac{R_2}{(R_2^2 + X_2^2)^{1/2}} = \frac{R_2}{Z_2} \quad (3)$$

이때 회전자 전류 i_{2a} 에 의해 자속 Φ_{2a} 가 발생하며, 이 자속은 다시 기동권선에 기자력 e_{21m} 을 유기하여 속도에 따라 기동권선 전압을 상승시키며, 전류는 기동권선 전류 i_a 와 같은 방향이다.

2-2. 기동권선 등가회로

그림2의 등가회로에서 기동권선에 전압 V_a 가 인가되면 기동권선은 전류 i_a 에 의해 여자된다. 기동권선의 순방향 회전자속 Φ_{fa} 는 기동권선에서 순방향 전압 E_{fa} 를 유기하고, Φ_{fa} 는 위상이 $\pi/2$ rad이며, 기동권선의 역방향 자속 Φ_{ba} 는 기동권선에서 전압 E_{ba} 를 유기하며

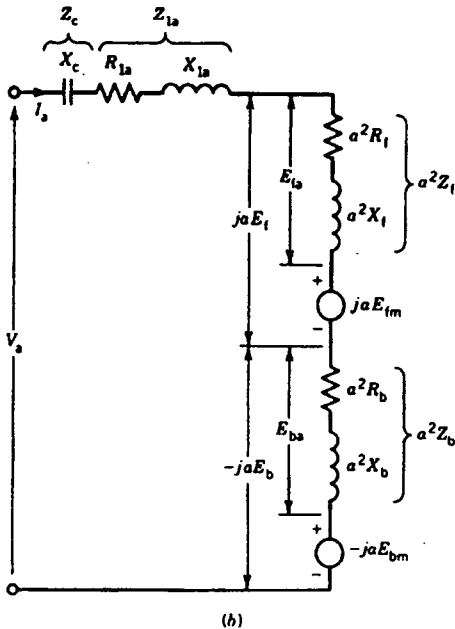


그림2. 캐패시터 구동 단상유도전동기 기동권선 등가회로

주권선에서 위상이 $\pi/2$ rad 빠른 전압 $j E_{ba}$ /a를 유기한다. 이때 기동권선의 순방향 및 역방향 유효전압은

$$E_{fa} = I_a a^2 Z_f$$

$$E_{ba} = I_a a_2 Z_b \quad \text{이다.}$$

기동권선의 단자전압은

$$V_a = ja(Z_f - Z_b) I_m + (Z_c + Z_{1a} + a^2 Z_f + a^2 Z_b) I_a \quad (4) \text{ 이 된다.}$$

식(4)의 기동권선 전압에 회전자 전류에 의해 기동권선에 유기된 실효기전력

$E_{21a} = 4.44f N_1 \Phi_a$ [V]가 더해져서 전동기의 회전이 빨라질수록 이 기동권선에 나타나는 전압은 높아지며, 또한 기동캐패시터에 흐르는 전류에 의해 더해진 전압은 전동기의 기동속도가 75%되었을 때 기동권선에 나타나는 전압으로 릴레이 코일을 여자시키고, 원심력 스위치 대신 사용된 릴레이의 R_b 접점을 열어 기동용 콘덴서를 분리시킨다. 전동기가 동기속도에 가까워지면 기동권선의 전압은 속도에 따라 일정하게 되고 기동캐패시터가 분리되어 기동권선전압은 안정된다.

3. 실험 및 결과고찰

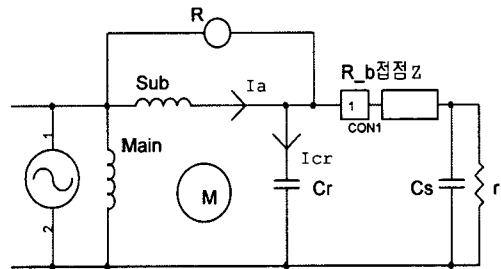


그림3. 캐패시터 기동-구동용 회로

그림3에서 단상유도전동기 기동시 상승하는 기동권선 전압으로 릴레이가 가동할 수 있는 전압을 일치시키기 위해서는 220[V] 14핀 릴레이를 사용했다. 기동속도가 정격속도의 75%일 때 릴레이가 가동되는 기동캐패시터 용량을 측정하였으며, 방전용 저항 r 은 50[k Ω]을, 릴레이 접점보호용 리액터 Z 는 1[mH]를 사용했다.

실험은 우선 무부하 상태로 진행했으며, 두 캐패시터의 값을 조정하므로써 최적 기동특성 및 운전특성을 구할 수 있다. 일반적인 결선방식으로

로 구동 캐패시터 C_r 은 기동 캐패시터 C_s 에 비해 작은 값을 가진 것을 기동권선에 직렬로 연결되고, C_s 의 용량에 따라 기동권선에 흐르는 전류와 전압의 변화가 많게 되므로, 릴레이의 적정한 여자 시점이 결정되어야 한다. 이때 기동 캐패시터의 용량에 따라 기동권선 전압이 급상승하여 적정속도가 아닌 시점에서 릴레이가 여자되면 기동캐패시터가 단락되어 기동권선 전압은 급격히 떨어지고, 릴레이는 초기상태가 되어 기동 캐패시터는 다시 연결되게 되므로, C_r 구동 캐패시터 용량은 14[μ F]로 고정하고, 기동 캐패시터 용량 C_s 를 조절하면서 관련특성들을 실험하였다.

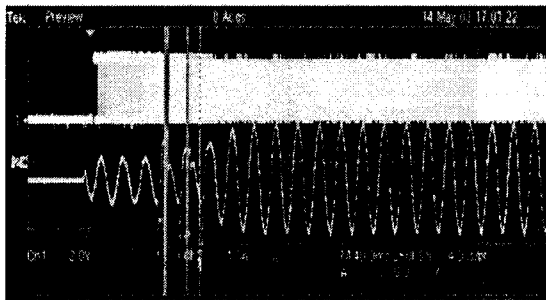


그림4. 릴레이 동작 전 후의 C_s 전압, C_r 전류 및 속도 파형

위 오실로스코프 파형 그림에서 C_s p-p전압은 릴레이가 동작된 후 전압이 나타나지 않는 것을 볼 수 있으며, C_r 전류는 릴레이가 동작된 후

Cr [μ F]	Cs [μ F]	rpm	V(Cs) P-P[V]	Ia[A]		Icr[A]
				bef.	aft.	
14	40	1376.4	263	1.69	1.13	0.499
14	35	1376.4	273	1.69	1.13	0.530
14	30	1456.2	295	1.69	1.13	0.562
14	25	1470.6	321	1.69	1.13	0.583
14	20	1470.6	321	1.27	1.13	0.626
14	12	1612.8	327	1.06	1.13	0.615

C_s 가 개방되어 기동권선 전류가 모두 C_r 로 흐르므로 값이 증가됨을 보여주고 있다.

표1. 기동캐패시터 용량에 따른 릴레이 동작시 파라메타 탐색 비교.

위 실험 결과를 보면 C_s 용량이 40[μ F]에서 전동기의 속도에 따른 릴레이 동작 시점이 가장

적정한 것을 알 수 있으며, C_s 가 열림에 따라 I_a 값이 줄어들어 I_a 가 기동권선 전압 상승에 영향을 미치는 것을 볼 수 있다. 설계상 계산되어지는 기동캐패시터 값을 토대로 무부하 및 다양한 부하에서 실험이 요구되며, 이 실험에서는 릴레이 작동 후 전동기의 각 파라메타들은 일반 원심력스위치와 특성의 큰 차이가 없이 비교적 안정적인 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론 및 검토

단상유도전동기 기동방법 중, 효율이 가장 좋고 일반적으로 많이 사용되는 캐패시터 기동-구동 단상유도전동기를 액체나 폭발의 위험이 있는 특수한 장소 등에서 사용시, 전동기가 기동이 완료된 후, 기동용 캐패시터를 분리시키는 방법을 원심력스위치 대신 릴레이 접점을 사용하는 방법으로 개선할 수 있음을 구현하였다.

최적의 기동특성 및 운전특성을 갖기 위해, 구동-기동용 두 캐패시터 용량을 조절하여, 릴레이 접점이 최적의 조건에서 캐패시터가 분리되도록 실험을 수행하여, 릴레이 방식의 사용가능성을 보였다. 부하가 걸리면 회전자에 흐르는 전류 증가로 기동캐패시터 작동 시점은 더 빨라질 것이며, 다양한 부하상태로 실험이 더 이뤄져야 할 것이다. 앞으로 단상유도전동기 특성은 다상 유도기에 비해 매우 복잡하므로, 릴레이 접점 방식을 사용할 경우 전동기 특성에 미치는 영향을 좀 더 다양하게 분석이 필요하다

(참고문헌)

- [1] P.C.Sen, "Principles of Electric Machines and Power Electronics", John Wiley & Sons, Inc. pp393-394, pp412-414. 1996
- [2] Cyril G. Veinott, D. Eng., Joseph E. Martin, B.S.E.E. "Fractional and Subfractional Horsepower Electric Motors", McGraw-Hill book company, pp125-128
- [3] John H. Kuhlmann, Design of Electrical Apparatus, John Wiley & Sons Inc., 1950