

3상 전동기 결상시 무정전 전원공급장치에 대한 연구

A Study on the Uninterruptible Power Supply on the Open Phase of Three-phase Motor

신혜영* · 최홍규†
 (Hyr-young Shin · Hong-Kyoo Choi)

Abstract - In case of using three-phase induction motor in three-phase power system, if the deficiency happens in phase among three-phase, the motor will drive in an open phase state.

As to the motor, the continuing operation is possible then, but the phenomenon that the power supply stops happening by the result of the overload electricity order on the healthy phase of two phases with a damage and activating the circuit breaker. Consequently, in order to overcome this problem in treatise accordingly. I propose an uninterruptible power supply which is able to prevent that the over current on the health phase through the restoration that in case happening open phase on the power line when driving the motor. Also, it is possible to supply power consecutively without interruption of electric power and we proved the performance and reliability through an experiment.

Key Words : Three-phase induction motor, Open phase, Uninterruptible, Overload

1. 서론

최근에는 건축물과 산업설비가 대형화, 고층화, 복잡화로 발전함에 따라 전기사용의 증가로 인한 전기사고가 대량화되고 있으며 이러한 전기사고는 절연열화, 과부하/과전류, 접촉 불량, 단락 사고가 전체 전기사고의 50% 이상을 차지하고 있고 이러한 사고의 주요원인중 하나가 결상으로 인한 불평형 전압과 전류로 분석되었다[1]~[4].

또한, 오늘날 생산시스템이 복잡화, 대규모화로 발전함에 따라 전동기의 사용이 증가되고 있으며, 전동기 고장이 시스템 전체에 미치는 영향이 점점 크게 되어 이로 인한 손실이 증가되고 있는 추세이다. 3상 전동기를 이용하는 3상 전력계통에서 상간 단락이나 단락보호용 한류 퓨즈의 1상이 용단되어 전동기가 결상운전이 되는 경우 계통에는 불평형 전류가 흐르거나 단상전력이 공급되어 전동기 코일의 과전류로 인한 화재발생 및 시스템 전체에 영향을 미치게 된다.

이러한 전동기의 결상사고에 대한 보호방법으로 열동 과전류 계전기, 전자식 모터 보호계전기 또는 결상 차단기를 사용하여 선로의 과전압, 과전류를 검출하여 차단기를 동작시키는 방법을 적용하고 있다. 그러나 이러한 보호장치는 응답속도가 느리고 무부하 또는 경부하시 잦은 오동작과 정밀도가 저하되는 문제점과 차단기 동작 시 상용전원이 차단되어 예고 없이 정전이 발생하는 문제점을 가지고 있다[5].

따라서 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 전동기가 결상운전을 하는 경우 결상된 상의 전력을 자동 복구 시키고 연속적으로 전원을 공급할 수 있는 결상 시 무

정전 전원공급장치에 대하여 제안하고 성능과 신뢰성을 실험을 통해 입증하였다.

2. 결상시 무정전 전원공급장치

2.1 결상시 현상

3상 4선식 배전계통에서 정상 운전시 벡터도와 R상 결상시 벡터도를 나타내면 그림 1, 그림 2와 같다.

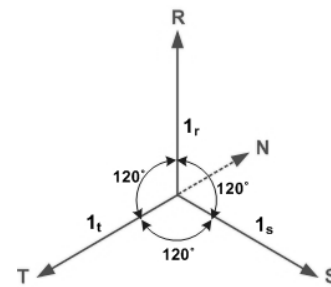


그림 1 정상운전시 벡터도
 Fig. 1 The vector diagram of the normal operation

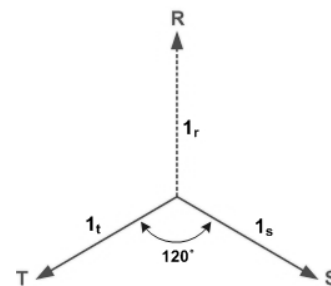


그림 2 R상결상시 벡터도
 Fig. 2 The vector diagram of the R phase open

† Corresponding Author : Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Hong-ik University, Korea.
 E-mail: hkchoi@hongik.ac.kr

* Dept. of Electrical Engineering, Hong-ik University, Korea.
 Received : June 30, 2014; Accepted : August 18, 2014

2.2 결상시 무정전 전원공급장치의 구성도

결상시 무정전 전원공급장치는 결상 발생시 불평형 전력을 평형으로 자동 복구시키고 무정전으로 전원을 공급할 수 있도록 독립된 3개의 레그가 사용된다. 하나의 레그에 세 개의 권선을 감아 3개의 레그에 9개의 권선을 가지도록 한다. 이때 각 레그의 두 번째와 세 번째 권선의 감은 방향은 첫 번째 권선을 감은 방향과 반대 방향을 가지도록 한다.

각 레그의 첫 번째 권선의 하나의 단자는 R, S, T 전원에 연결하고 그 단자와 다음 레그의 두 번째 권선을 반대로 연결한다. 그리고 두 번째 권선의 다른 단자와 다음 레그의 세 번째 권선에 반대로 연결한다.

마지막으로 중성점 형성을 위해 각 레그의 첫 번째 권선과 세 번째 권선에서 한 단자를 중성선으로 연결한다. 그림 3은 제안한 결상 시 무정전 전원공급장치의 구성도를 나타낸다.

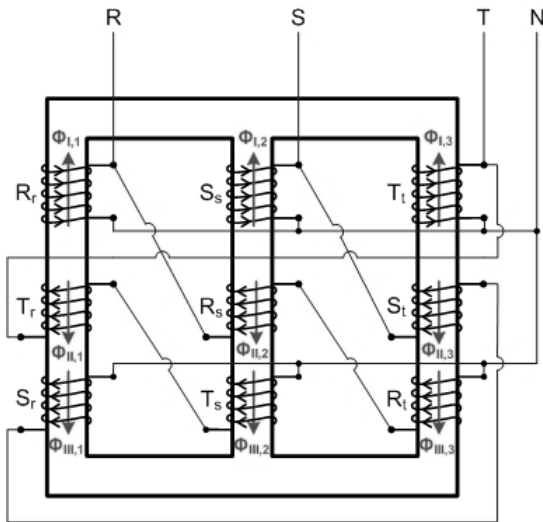


그림 3 결상시 무정전 전원공급 장치의 구성도
Fig. 3 configuration diagram of Uninterruptible power supply during open phase

2.3 전원 공급 원리

3상 4선식 배전계통에서 어떠한 한상에서 결상이 발생했을 경우 결상시 무정전 전원공급장치에 의해 결상이 복구되고 무정전 전원공급이 되는 원리는 다음과 같다. 결상이 발생했을 경우 결상이 되지 않고 전원을 공급하고 있는 나머지 두상의 권선에 대해 권선의 감은 방향을 각각 반대로 해주면 역위상이 발생되고 이 두 역위상을 벡터적으로 합하면 결상된 전원을 복구할 수 있다. 이것을 나타내면 그림 4와 같다. 이러한 권선의 설계를 통해 결상이 발생되었을 때 결상이 안 된 두 상의 역위상을 사용하여 결상된 상을 자동적으로 복구 할 수 있다.

2.4 벡터도

그림 3의 구성도를 기준으로 결상 복구시의 각 상과 중성선의 전압을 표현하면 수식 (1)과 같고 벡터도를 표현하면

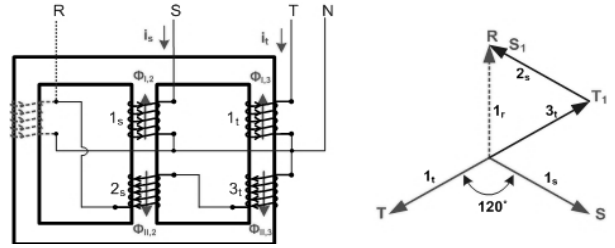


그림 4 R상 결상 복구시의 Y결선 구성도와 벡터도
Fig. 4 Y-connection configuration and vector diagram of the R phase open restoration

그림 5와 같다.

$$\begin{aligned} \dot{V}_{an}(t) &= L \frac{di_a}{dt} = i_a = -3_c - 2_b \\ \dot{V}_{bn}(t) &= L \frac{di_b}{dt} = i_b = -3_a - 2_c \\ \dot{V}_{cn}(t) &= L \frac{di_c}{dt} = i_c = -3_b - 2_a \end{aligned} \quad (1)$$

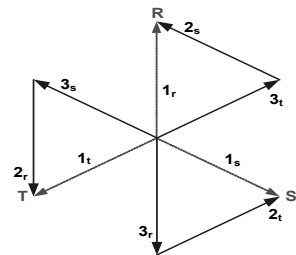


그림 5 결상시 무정전 전원공급 장치의 벡터도
Fig. 5 The vector diagram of Uninterruptible power supply during open phase

3. 실험과 결과 분석

3.1 실험구성도

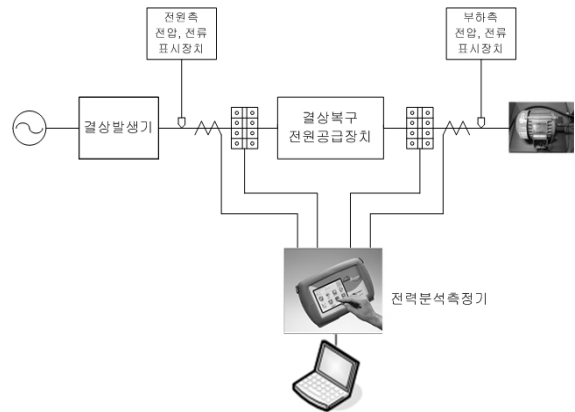


그림 6 실험 구성도
Fig. 6 The configuration diagram of experiment

그림 6은 실험 구성도로 결상발생을 위한 각 상별 개폐기, 결상을 자동으로 복구하는 결상시 무정전 전원공급 장치, 결상 전 후의 전압, 전류를 표시하기 위한 전원 측, 부하 측 디지털 전압, 전류 표시장치, 결상 전 후의 전압, 전류 파형을 측정하기 위한 전력분석측정기, 측정 단자대로 구성되어 있다.

3.2 실험방법

실험방법은 먼저 부하로 0.75kW 삼상 유도전동기를 연결한다. 그 후 한상을 결상 시킨 후 결상이 된 전원 측과 결상이 자동 복구된 부하 측의 전압, 전류 값을 Digital Meter로 확인하고, 전력분석측정기를 사용하여 전원 측과 부하 측의 전압, 전류파형을 측정한다. 결상 순서는 R, S, T상의 순서로 진행한다.

3.3 실험결과

표 1은 0.75kW 삼상 유도전동기 부하 상태에서의 결상과 결상복구시의 전압, 전류값을 나타낸 표이다. 표에서 결상은 결상시 무정전 전원공급장치의 1차측인 전원 측의 전압, 전류를 의미하며 복구는 결상시 무정전 전원공급장치의 2차측인 부하 측의 전압, 전류를 의미한다.

표 1에서 3상중 한상이 결상이 되었을 경우 결상시 무정전 전원공급장치의 1차측인 전원측의 전류는 0이 되지만 결상시 무정전 전원공급장치에 의해 전압은 복구가 되어 정상과 같은 전압이 나타나며, 결상시 무정전 전원공급장치의 2차측인 부하측은 결상시 무정전 전원공급장치에 의해 전력이 복구되어 전류가 흐르게 되고 부하의 동작이 정상적으로 이루어지고 있음을 확인 할 수 있다.

표 1 0.75kW 삼상유도전동기 부하 상태에서의 전압, 전류 값

Table 1 A voltage and current value at 0.75kW three-phase induction motor load state

항목	구분	R상		S상		T상	
		결상	복구	결상	복구	결상	복구
선간전압	R-S	361	355	374	367	375	375
	S-T	376	371	358	353	370	364
	T-R	369	364	376	373	355	353
상 전압	R-N	202	199	218	216	216	215
	S-N	217	215	203	200	219	216
	T-N	216	215	215	213	199	197
상 전류	R	0	0.92	1.98	1.27	0.68	1.13
	S	1.68	1.13	0	0.98	1.90	1.27
	T	1.98	1.20	1.69	1.06	0	0.91

그림 7과 그림 8은 3상중 한상이 결상된 경우 중에서 R상이 결상되었을 경우 결상시 무정전 전원공급장치 1차측인 전원측의 전류 파형과 장치를 거쳐 결상이 복구된 후의 전

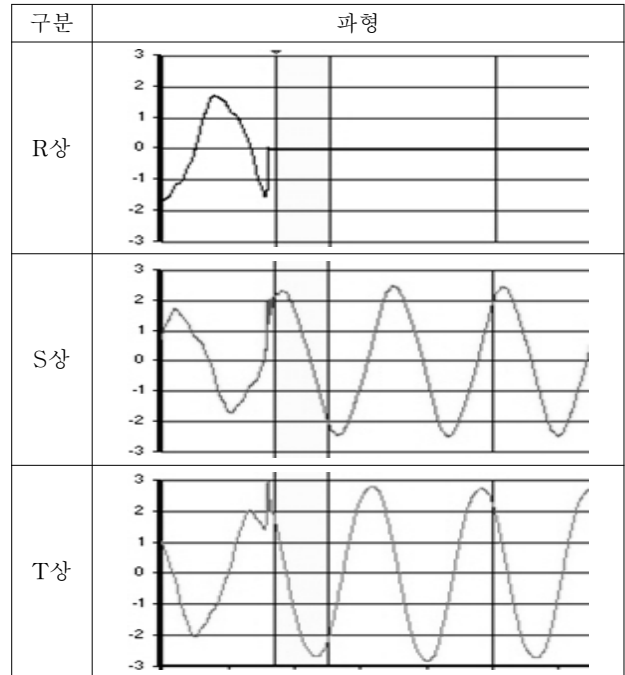


그림 7 결상시 R상의 전류 파형
Fig. 7 A current waveform of R phase open

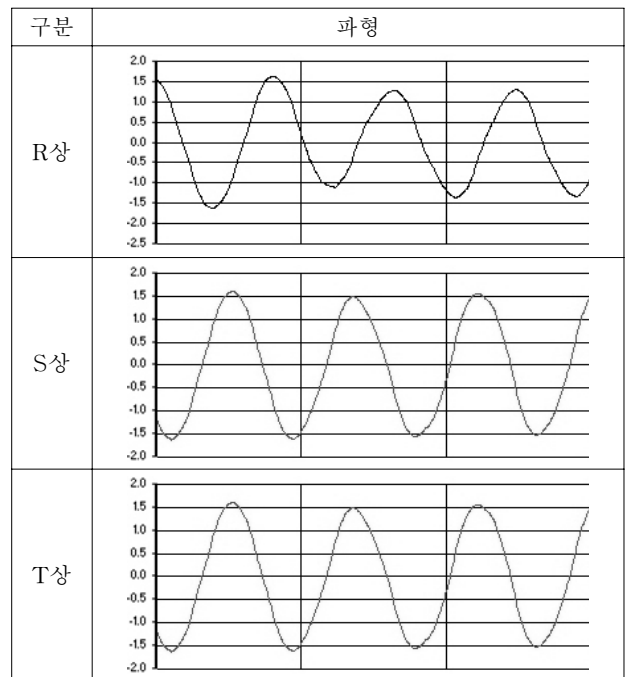


그림 8 결상 복구시 R상의 전류 파형
Fig. 8 A current waveform of R phase recovery

류 파형을 전력분석측정기로 측정된 것이다. 그림 7에서 R상 결상 시 R상에 전류가 흐르지 않고 다른 건전상인 S상과 T상에서는 증가된 전류가 흐르고 있음을 알 수 있다. 하지만 결상시 무정전 전원공급장치의 2차측인 부하측에는 정전없이 R상의 전류가 복구되어 전류가 연속적으로 흐르는 것을 그림 8을 통해 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 3상 전동기를 이용하는 3상 전력계통에서 전력선 결상 시 결상되어 전류가 흐르지 않는 상의 전력을 자동 복구시키고 정전 없이 연속해서 전원을 공급할 수 있는 결상시 무정전 전원공급장치에 대한 이론을 제시하였다. 제시된 이론은 결상이 발생되었을 때 결상이 안 된 두 상의 역위상을 사용하여 결상된 상을 자동적으로 복구하는 방식으로 기존의 결상 보호방식인 결상 계전기나 결상 차단기의 예고 없는 정전이나 이로 인한 2차적인 문제점까지 해결할 수 있다. 또한, 제시된 결상시 무정전 전원공급 장치는 독립된 3개의 레그에 같은 회전수를 가지는 9개의 권선을 가지는 구조로 0.75kW 삼상유도전동기 부하상태에서 R, S, T상의 순차적인 결상 측정 실험을 통해 한상이 결상 되어도 결상된 상이 자동적으로 복구 되어 무정전으로 전원을 공급하고 있음을 입증하였다.

따라서 제시된 결상시 무정전 전원공급 장치는 결상으로 인한 과전압, 과전류의 문제점을 해결할 수 있고 예고 없는 정전이나 이로 인한 2차적인 문제점을 해결하여 생산시스템의 신뢰성을 높일 수 있다. 또한, 이상전압 발생에 의한 전력계통의 불안정한 운전을 해소시켜 각종 전기사고를 미연에 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] National Fire Alarm Systems, "Fire status statistics", National Emergency Management Agency, 2013.
- [2] Gwi-Young Jo, "A Study on Analysis of Electrical Fire According to the Statistics", University of Chungju, M.E. Thesis, 2011.
- [3] Jong-Ho Lee, Doo-Hyun Kim, Sung-Chul Kim, "Improvement and Analysis for an Electrical Fire Cause Classification", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol.23, No.2, 2009.
- [4] NFPA 901, "Uniform Coding for Fire Protection", NFPA, 2004.
- [5] Shin-Hyeong Choi, Dong-Kurl Kwak, Jin-Hwan Kim, "A Study on Device Development for Electrical Fire Protection on Open Phase of Three-Phase Motor", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No.1, 2012.

저 자 소 개



신혜영 (申惠英)

1983년 4월 4일생. 2008년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정 수료.



최홍규 (崔洪圭)

1950년 1월 7일생. 1975년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1977년 연세대학교 전기공학과 졸업(석사). 1993년 홍익대학교 전자정보통신공학과 졸업(박사). 현재 홍익대학교 전자·전기공학과 교수.