

삼상 중성점 전압을 이용한 전압불평형 사고 방지용 보호장치 개발

곽동걸, 김대석, 김진환, 김수창, 정원석, 손재현*
강원대학교, *강릉영동대학

Development of Protection Device for Voltage Unbalance Faults using Three-Phase Neutral Voltage

D. K. Kwak, D. S. Kim, J. H. Kim, S. C. Kim, W. S. Jung, J. H. Son*
Kangwon National University, *Gangneung Yeongdong College

ABSTRACT

The thermal over-current relay or electronic motor protection relay is mostly used as the open-phase detection device of the three-phase motor or load. When the over-current or overheat of electric line is generated, it detects and operates circuit breaker, but there is the defect that the sensing speed is slow, the operation can be sometimes failed, and the precision is decreased. In order to improve these problems, this paper is proposed a new control circuit topology for open-phase protection using semiconductor devices. Therefore, the proposed open-phase protection device enhances the sensing speed and precision, and has the advantage of simple fitting in the three-phase motor control panel in the field, as it manufactures into small size and light weight.

1. 서론

3상 전원을 사용하는 산업현장에서의 전기사고의 대다수는 결상으로 인한 전압불평형, 과부하, 절연노화 등이 주요 요인으로 분석되었다. 이는 3상 전동기를 이용하는 3상 전력계통에서 상간 단락이나 1상이 결상되면 계통에는 불평형 전류가 흐르거나 단상전력이 공급되어 전동기 코일의 과전류로 인한 화재발생은 물론이고 전력계통에 큰 피해를 주게 된다.^[1] 일본전기협회에서 발표한 통계에 의하면 산업현장의 전동기 고장원인은 결상, 과부하, 축의 마모, 절연노화 등으로 분석하고 있으며, 축의 마모나 절연물의 노화 등 기계적인 원인은 어느 정도 수명을 예측하여 사전에 열화에 의한 고장이나 정전 예방이 가능하나, 결상에 의한 과부하의 경우는 불시에 발생하므로 예측이 불가능하여 전기화재의 주요 요인으로 분류하고 있다. 또한 이에 대한 별도의

보호 방안을 마련하는 것이 매우 중요하다고 보고하고 있다.^[2,3] 현장의 전기사고 예방은 전적으로 분전반 내의 배선용차단기에 의존하고 있으며, 배선용차단기는 상시 상태의 전로를 수동 또는 전기조작에 의해 개폐가 가능하고 과부하 및 단락 등의 사고 발생시 자동으로 전로를 차단하는 기구로써 최근에는 누전과 과부하 겸용으로 제작되고 있다. 그러나 이러한 배선용차단기는 결상사고에 대한 검출 기능이 없는 단점이 주어진다. 이들을 개선하기 위하여 본 논문에서는 3상 성형 결선한 저항의 합성전위와 중성점의 전위차를 이용한 새로운 결상보호용 제어회로 토폴로지를 설계하여 감지속도와 정밀도를 향상시키고, 또한 반도체 소자를 이용한 제어회로 설계가 참신하고 간단하여 소형, 경량으로 제작되어 현장의 3상 전동기 제어반에 용이하게 장착시킬 수 있는 장점이 주어진다. 그 결과 제안한 결상 보호장치는 3상 전동기를 보호하고 결상으로 발생하는 전기화재를 최소화시키고 그리고 전력계통의 안정적인 운전에 기여하게 된다.

2. 제안한 전압불평형 사고 방지용 보호장치

제안한 전압불평형 사고 방지용 보호장치(PDVUF : Protection Device for Voltage Unbalance Faults)를 그림 1에 나타낸다. 3상 전원 R, S, T 각 라인에 동일 용량의 저항소자를 성형 결선하여 3상 합성전위와 중성점 또는 접지(G)간의 전위차를 이용하고, 고속의 반도체 소자들을 이용한 새로운 개념의 전압불평형 사고 방지용 보호장치를 제안한다.

회로구성은 성형 결선된 저항 R_1, R_2, R_3 와 전파정류를 위한 다이오드 $D_1 \sim D_4$, 전해 커패시터 C_4 그리고 방전용 저항 R_5 를 제어회로 전원단으로 구성되고, 전압 조정용 제너다이오드 D_2 와 릴레이 구동을 위한 반도체 스위칭 소자 SCR, 트립회로 동작을 위한 릴레이 RL 그리고 전류제한용 저항 R_2

와 R₃으로 제어회로를 구성하였다.

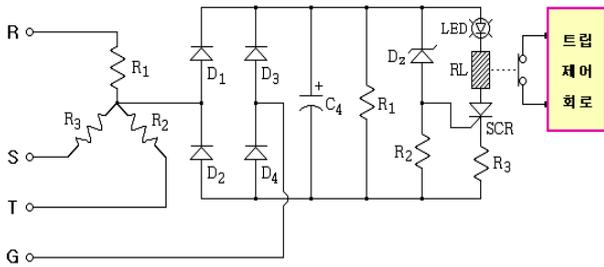


그림 1 제안한 PDVUF 회로도
Fig. 1 Circuit diagram of proposed PDVUF

제안한 PDVUF의 동작원리를 살펴보면, 정상상태에서는 성형 결선된 3상 저항의 중성점 전압이 0[V]이므로 이상전압 검출없이 안정상태가 유지된다. 그러나 결상이나 3상 전압불평형이 발생하면 3상 저항의 중성점 전압이 나타나게 되고 다이오드 전과정류에 의한 전해 커패시터 C₄에는 직류전압이 발생된다. 이 직류전압의 크기가 제너다이오드 D_z의 제너전압보다 크게 되면 제너다이오드는 도통되고 스위칭 소자 SCR의 게이트를 트리거(trigger)시킨다. 그리고 릴레이 RL이 여자(excitation)되고 릴레이 접점의 동작에 의한 트립회로를 동작시키는 일련의 동작원리를 가진다. 여기서 제너다이오드(D_z)는 일시적 전압변동이나 미세한 불평형 전압에 대해서 PDVUF가 동작하는 것을 방지하기 위하여 일정 제너전압 이상에서만 동작하도록 설정하는 기능을 가진다. 그림 2는 제한한 PDVUF의 내부 회로의 외형도를 나타낸다. 회로구성이 간단하여 소형·경량으로 제작되고 설치의 용이한 장점이 있다. 또한 제안한 PDVUF는 기술적 제어원리가 간단하며 고속형 반도체 소자들을 이용한 구조로 설계되어 감지속도가 우수하고 정밀도가 높아 그 신뢰성이 증대되는 이점이 주어진다.

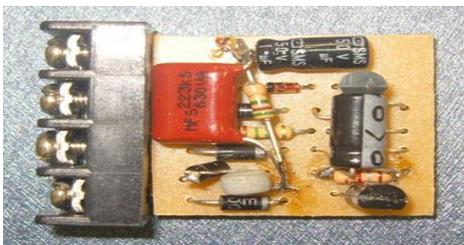


그림 2 제안한 PDVUF 내부회로 외형도
Fig. 2 Inner circuit photograph of proposed PDVUF

제안한 PDVUF의 동작성능을 분석하기 위하여 그림 3에 특성분석을 위한 실험장치를 나타낸다. 그림 4는 정격전압 380V, 1.5kW급 3상 권선형 유도전동기/발전기 세트를 운전시킨 상태에서 인위적

인 1상 결상 및 2상 결상을 유도하여 측정된 동작 파형을 나타낸다. 파형을 검토해보면, R, S, T 각상의 전압은 120° 위상차를 가지는 평형전원이 공급되는 상태에서 1상(T상) 결상과 2상(S상과 T상) 결상이 발생되고, 제안한 PDVUF가 동작하여 3상 전원을 차단시키는 동작을 보인다.



그림 3 동작성능 분석을 위한 실험장치
Fig. 3 Experiment set for operation performance analysis

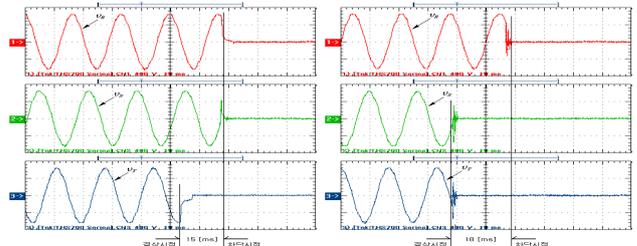


그림 4 제안한 PDVUF의 동작특성 파형
Fig. 4 Operation performance waveforms of proposed PDVUF

3. 결론

본 논문에서는 3상 전력계통에서 결상이나 불평형 전압에 의한 전기화재를 최소화하고 전력계통의 안정적인 운전을 위한 새로운 전압불평형 사고 방지용 보호장치를 제안하였다. 제안한 PDVUF는 3상 성형결선한 저항소자의 합성전위와 중성점의 전위차를 이용한 제어기법과 고속의 반도체 소자를 이용한 회로 구조로 설계하여 감지속도와 정밀도를 향상시켰다.

본 연구는 2011년도 중소기업청 산학연공동 기술개발 지원사업으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 김성호, “저압모터는 왜 결상보호를 해야만 되는가”, 계장기술, No.11, pp.1 4, 2002.
- [2] 동양기술단, “전압위상감지방식 결상보호기술”, 전기의 세계, Vol.55, No.4, p.16, 2006.
- [3] 광동걸, 정도영, “고정밀 전류센서를 이용한 저압배전계통 이중 보호용 전기화재 방재장치”, 한국화재소방학회논문지, Vol.23, No.3, pp.71 76, 2009.