

## 고조파에 의한 저압용 차단기의 동작특성 해석

최문규, 정병환, 박종찬, 김한구, 목형수, 최규하  
건국대학교

## **Analysis of Active Characteristic the Low-voltage Circuit Breaker for Harmonics**

M. G. Choi, B. H. Jeong, J. C. Park, H. G. Kim, H. S. Mok, G. H. Choe

Konkuk Univ.

**Abstract** - Because MCCB, ELB, etc. discharge both technical and economical duty, it is important that the study of circuit breaker guarantee high-performance and realize the power distribution system with reliability. Because of complexity electrical equipment, the accident with imbalance and flicker occur often according to technical improvement. However, study of accident with harmonics remains. In this paper, the essential characteristic of circuit breaker is introduced. To analysis operation of circuit breaker, theoretical model and several simulations have been performed.

## 1. 서 론

배선용 및 누전차단기 등은 저압전로에서 기술적, 경제적으로 중요한 역할을 수행하고 있으므로 차단기류의 동작특성에 관한 연구는 차단기 자체의 신뢰성을 높이고 성능 보장을 위해 매우 중요하고 이를 통해 신뢰성이 있는 배전시스템을 구축할 수 있으리라 사료된다.

그러나, 최근 기술의 발전에 따라 점점 수용가의 전기 설비 및 계통은 복잡해지고 이에 따라 전류불평형, 폴리 커 등의 피해가 발생하고 있다.

최근들어 컴퓨터, 전산 및 네트워크 설비, 전력변환장치 등에 의해 고조파의 발생으로 인해 전기의 품질이 저하되고 OA기기, FA기기, 정보통신기기 등을 포함한 전기설비에 악영향을 미치게 된다.

또한 늘어가고 있는 고조파 등의 이상전원에 의한 차단기류의 오동작 및 관련 사고에 대한 연구가 이루어지지 않고 있어 차단기류 사고의 정확한 원인규명은 매우 요원한 일이고 고조파 등의 이상전원에 대한 차단기의 성능보장은 확신할 수 없다.

본 논문에서는 현 상황까지 문제가 되고 있는 고조파 및 이상전원 등에 대한 차단기류의 전반적인 동작특성 규명을 위한 수용기 측정에서의 저압용 차단기의 기본적인 이해와 시뮬레이션을 수행하여, 그 차단기의 자체의 특성을 고찰하였다.

## 2. 저압용 배선용 차단기 및 누전 차단기

배선용 차단기란 교류 600V이하, 직류 250V이하의 저압 옥내 전로 보호에 사용되는 차단기를 말한다. 배선용 차단기는 미국에서 보급 발달한 것으로서, 미국에서는 Molded Case Circuit Breaker(MCCB)이라고 하고 국내에서는 한국표준규격인 KSC 8321에는 다음과 같이 정의하며 배선용 차단기(MCCB)라 부르고 있다. 일본의 제조회사에는 No Fuse Breaker(NFB), Auto Breaker 등으로 불리운다.

그리고, 누전차단기는 저전압 회로에서 누전으로 인해 발생하는 감전사고나 화재 등을 미연에 방지하기 위해 널리 사용되고 있다. 즉, 누전 차단기는 대지에 누설되어

흐르는 누설전류를 신속히 검출 및 차단함으로써 인체의 감전사를 방지하고 누설전류에 의해 발생하는 기기 또는 선로의 열화로 인한 화재를 억제하기 위해 저압 교류가 공급되는 대부분의 부하회로에 설치되어 사용되고 있다. KSC 4613에서는 누전차단기 표기를 Residual Current Protective Devices라 하고 있으며 '지락 검출 장치, 트립 장치, 개폐 기구 등을 절연물 용기 안에 1조로 조립한 것'으로 정의하고 있다. 일반적으로 이러한 누전차단기 표기는 표 1과 같다.

표 1 국가별 누전차단기 표기

국가	표기	
한국, 일본	ELB	Earth Leakage Circuit Breaker
미국, 캐나다	GFCI(GFI)	Ground Fault Circuit Breaker
유럽	RCCB(RCB)	Residual Current Circuit

## 2.1 배선용 차단기

그림 1과 같은 저압용 배선용 차단기는 'Molded Case Circuit Breaker'라는 이름에서 알 수 있듯이 각종 기구부, 검출부 및 소호장치 등이 하나의 절연물(Mold Case)로 싸여져 있는 구조이다. 저압용 배선용 차단기는 기본적으로 접점개폐를 하는 개폐기구, 과전류·단락 전류를 검출하여 개폐기구에 작용하는 과전류 드리핑 장치, 아크를 소멸시키는 소호장치, 전선을 접속하는 단자 및 이들을 일체화해서 만든 절연물의 Mold Case 부분 등으로 나눌 수 있다.

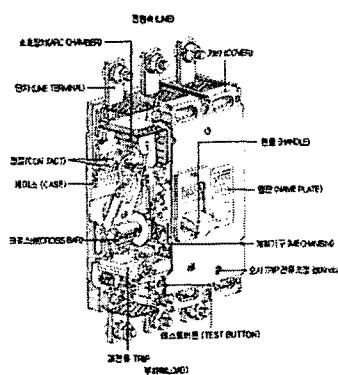


그림 1 배선용 차단기의 기본 구조

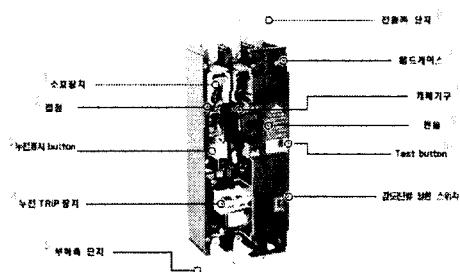


그림 2 누전 차단기의 구조

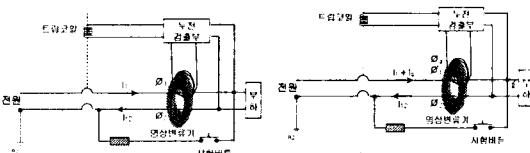
## 2.2 누전 차단기

누전차단기의 구조는 그림 2에서와 같이 전원측 및 부하단자측에 전선 등을 고정시켜 사용하며, 절연케이스안에 조작기구부, 누전검출부, 전자회로부, 차단부등의 관계부품으로 구성되어 있으며 동일 케이스내 조립된 구조이다.

누전검출원리에 따라 전압동작형과 전류동작형의 두 가지로 크게 구분되지만 전압동작형은 접지 선정이 어려워 거의 자취를 감추었고 전류동작형이 대부분을 이루고 있다. 기본적으로 구성된 구조에서 지락사고가 발생할 경우 지락전류의 크기에 해당하는 자속에 의하여 철심이 여자되어 영상변류기 2차권선에 기전력이 발생하게 된다. 즉, 그림 3.(a)와 같이 정상 상태시 전류  $I_1$ 과  $I_2$ 가 동일하므로 각각의 전류에 의해 발생하는 자속  $\phi_1$ 과  $\phi_2$ 가 같아지므로 서로 상쇄되어 유기전압이 발생하지 않는다.

하지만 그림 3.(b)와 같이 누전발생시 전류  $I_1$ 과  $I_2$ 는 누설전류  $I_g$ 만큼의 오차가 발생하게 되어  $\phi_g$ 만큼의 자속 차가 발생하게 되고 이로 인해 발생된 유기전압( $E$ )은 식 (1)과 같다.

$$E = 4.44fN\phi_a \quad (1)$$



(a) 정상상태시 (b) 누전상태시  
그림 3 누전차단기 동작원리

### 3. 정약용 배서용차단기 및 누점차단기의 사고현황

본 논문에서는 수용가족에서의 배선용차단기 및 누전 차단기의 장해현황을 알기 위해 사전조사를 수행하였다. 그 결과, 80% 수준의 대부분의 수용가족에서 차단기의 장해를 경험했다고 응답하였으며, 표 2에 나타난 바와 같이 차단기의 장해 주요원인으로는 기계적 결함을 제외한 원인으로 고조파와 원인불명의 문제로 크게 나타났다. 또한, 대다수의 수용가족 저압용 차단기의 고조파 장치 발생빈도가 연 1회이상 발생하는 것으로 집계되었으며 그 결과는 표 3과 같다.

위의 결과는 고조파에 의한 수용가족 저압용 차단기 사고원인 규명을 위하여 차단기 동작특성 및 해석의 중요성을 잘 나타내 준다.

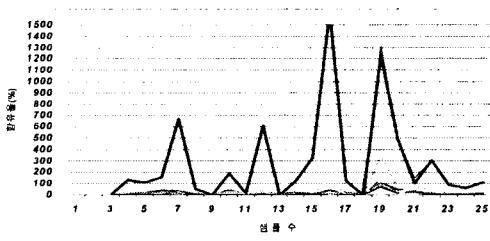
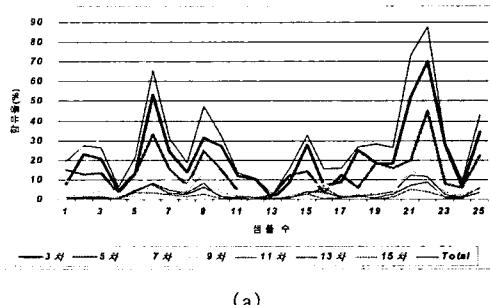
알 수 있다.

표 2 차단기 장해 주요원인

원인	배선용차단기(%)	누전차단기(%)
노후화	29	25
고조파	20	22
원인불명	22	25
제품불량	20	21
기타(접촉불량 등)	9	9

표 3 차단기 고조파 장해 발생빈도

장해 발생빈도	배선용차단기(%)	누전차단기(%)
연 1회이하	45호 (56%)	32호 (41%)
연 2~3회	25회 (31%)	39호 (49%)
연 5회 내외	6호 (8%)	5호 (6%)
연 10회 이상	4호 (5%)	3호 (4%)



(b) 그림 4 수용가족 사용장소의 차수별 전류 고조파

### 3 시뮬레이션 및 실험결과

서압용 차단기의 용량 산정을 위한 전열기와 전동기의 부하군 그리고 전선의 허용전류를 나타낸 기본 구성도는 그림 5와 같으며 전동기 등의 정격전류의 합계를  $\Sigma I_M$ , 타전기 사용 기계기구의 정격전류의 합계를  $\Sigma I_H$ 라 하였을 때, 표 4와 표 5의 방법으로 전선의 허용전류 및 과전류 차단기의 용량을 산정 할 수 있다. 표 4는 정격전류 합계 조건에 따라서 전선의 허용전류를 산정하는 것을 나타내었고, 표 5는 전동기 정격전류합계 기준을 50[A]로 하여 전동기 전류합계의 1.25배, 1.10배의 값을 가지는 전선의 허용전류와 여기서 나온 전선의 허용전류치에 2.5배의 과전류 차단기의 용량 산정법을 표로 간략화 하였다.

이 논문에서는 위에서 서술한 내용들을 토대로 그림 6과 같이 저압용 차단기의 시뮬레이션을 수행하였다. 이 회로는 수용가족에서의 차단기인 것을 고려하여 220V AC 전원을 의가하였고, DLI을 이용하여 암시 서술한 속

용가족에서의 고조파 함유율을 고려하여 가장 크게 문제로 되고 있는 합성된 3, 5차 고조파가 AC전원에 실렸을 때 차단 동작을 수행할 수 있는 회로로 구성하였다.

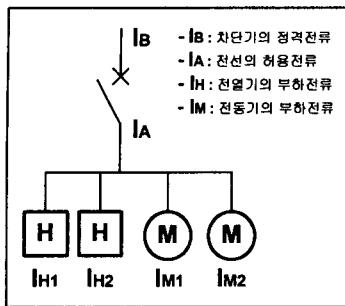


그림 5. 차단기의 용량 선정

표 4 전선의 허용전류 산정

정격전류 합계조건	전선의 허용전류
$\Sigma I_M \leq \Sigma I_H$	$I_a \geq \Sigma I_M + \Sigma I_H$
$\Sigma I_M > \Sigma I_H, \Sigma I_M \leq 50 [A]$	$I_a \geq 1.25 \Sigma I_M + \Sigma I_H$
$\Sigma I_M > \Sigma I_H, \Sigma I_M > 50 [A]$	$I_a \geq 1.1 \Sigma I_M + \Sigma I_H$

표 5 과전류 차단기 용량 산정

전동기의 정격전류	전선의 허용전류	과전류 차단기 용량
전동기 전류합계 50[A]이하	1.25×전동기 전류합계	2.5×전선의 허용전류
전동기 전류합계 50[A]초과	1.10×전동기 전류합계	2.5×전선의 허용전류

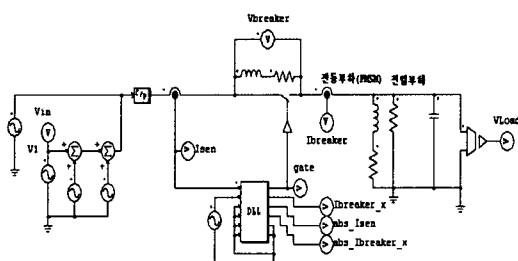


그림 6 차단기 시뮬레이션 회로

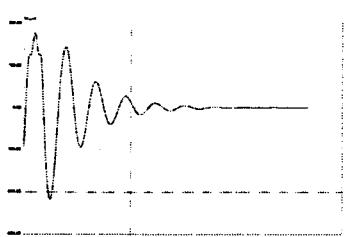


그림 7 차단시 부하단 출력파형

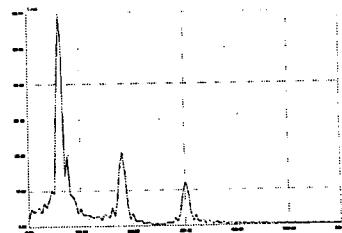


그림 8 FFT 분석 결과

그림 7은 저압용 차단기의 시뮬레이션을 통한 결과파형으로 1, 3, 5차 고조파가 발생하여 전원에 인가 되었을 시 차단작용을 하는 회로이다. 그림 8은 인가된 고조파의 FFT 분석 결과를 나타낸다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 수용가족 전원에서 주로 발생하는 3, 5차 고조파발생으로 인하여 일어날 수 있는 차단기의 오동작 방지를 위한 저압용 차단기의 기본적인 이해 및 시뮬레이션을 통한 실험결과를 서술하였다. 이는 차단기 자체의 신뢰성을 높이고 성능 보장을 위해서 필요한 일이며, 더 나아가 이를 통해 신뢰성 있는 배전시스템 구축에 기여를 할것으로 기대된다.

이 논문은 산업자원부의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

#### [참 고 문 헌]

- [1] KSC 8321 : 배선용 차단기, 2002. 11
- [2] KSC 4613 : 누전 차단기, 2002. 11
- [3] 이재복 외 4명, “누전차단기의 뇌쓰지 동작특성 분석 및 오동작 대책”, Trans. KIEE. Vol. 51C, No. 10 Oct, 2002, pp. 479-484
- [4] Dan pavelescu, "Post-Arc Current in Low-Voltage Vacuum Circuit Breaker : Measurements and Physical Peculiarities", Trans. IEEE. VOL. 31. Oct. 2003. pp.869-876
- [5] Gerard Velle명, "Use of an Inverse Method on the Determination of the Evolution of a Self-Brown Electric Arc in the Air", Trans. IEEE. VOL. 19. June. 1991. pp.510-514