

고조파 전류가 배선용차단기에 미치는 영향

유재근^{1*}, 최명일¹, 박치현¹, 손재현²

Effect on Molded Case Circuit Breaker of Harmonic Current

Jae-Geun Yoo^{1*}, Myung-II¹, Chee-Hyun Park¹ and Jae-Hyun Son²

요약 본 논문에서는 복합고조파 전류에 의한 배선용차단기의 동작특성에 대해 분석하였다. 동작장치의 종류-동작 원리에 의해 4가지로 구분되는 배선용차단기는 정격전류의 200[%]의 시험전류로 시험하였다. 실험결과 복합고조파에 의한 오동작은 발생하지 않았으나, 완전전자식의 경우 복합고조파 함유량이 증가함에 따라 시간지연특성이 크게 나타났다. 따라서 복합고조파 함유량이 높은 곳에서는 완전전자식 배선용차단기의 사용을 피하는 것이 좋을 것으로 추정된다.

Abstract This paper analyze the operating characteristic of MCCB due to the synthesize harmonic current. Four types of MCCBs, divided by the type of operation system and a principle of operation, tested with 200[%] of rated current. The test result nuisance tripping did not occur but the time delay characteristic of the hydraulic magnetic type MCCB is appeared. From the place where the synthesize harmonic content is high it is good the hydraulic magnetic type MCCB not to use.

Key Words : MCCB, Synthesize harmonic current, Malfunction, Nuisance tripping

1. 서론

전기 에너지 효율 증대 및 전력변환장치의 제어기능 향상에 의해 스위칭 소자를 이용한 전력변환소자의 이용이 증대되고 있다. 따라서 계통 유입과 고조파 발생부하의 사용에 의한 고조파 피해영향 또한 광범위한 실정이다.

특히 저압 전력설비의 인입부에 위치하여 과부하에 의한 전기사고를 예방하는 배선용차단기(Molded Case Circuit Breaker; MCCB)의 경우 고조파에 의한 불필요 동작은 정전, 직결사용 등에 의한 사고 위험성을 내포하고 있다.

배선용차단기는 교류 600[V] 이하, 직류 250[V] 이하의 저압 옥내 전로 보호에 사용되는 차단기로서 과부하 및 단락 등일 경우 자동적으로 전로를 차단할 목적으로 설치되어 있다[1]. 또한 프레임의 크기, 극수, 정격전류, 전압, 과전류 차단방식, 취부구조, 한류장치의 유무, 용도 등에 따라 다양한 종류로 구분할 수 있다. 또한 과전류 동작장치의 종류 및 동작원리에 의해 열동식(Thermal

Type), 열동전자식(Thermal Magnetic Type; TM), 완전전자식(Hydraulic Magnetic Type; HM), 전자식(Electronic Type) 등으로 구분한다[2].

주요 전기설비인 배선용차단기의 고조파 영향에 대한 연구는 다양하게 이루어지고 있다. 고조파 전류에 의한 열동전자식 차단기의 전류검출 성능에 대한 특성연구와 60[Hz] 이상의 주파수에서 열동전자식 차단기의 경우 차단동작점이 10~20[%] 감소된다는 연구결과가 발표되었다[3-4]. 또한 고조파 발생부하와 연결하여 사용하는 전자식 차단기에 과열 및 부동작이 발생할 수 있다는 연구가 있으며, 단일 고조파에 의한 배선용차단기의 동작특성에 대하여 실험하고 이에 대한 위험성을 분석한 결과도 있다[5-6].

본 논문에서는 4가지 동작형태의 배선용차단기에 200[%] 크기의 복합고조파를 10~90[%]까지 인가하여 고조파 영향에 대한 차단시간의 특성변화를 분석하였다.

2. 본론

2.1 실험방법

복합고조파에 의한 배선용차단기의 동작특성 실험회

¹한국전기안전공사 부설 전기안전연구원

²강릉영동대학 전기과

*교신저자: 유재근(yoojaek33@hotmail.com)

로는 KSC/IEC 60947-2의 부속서 F의 고조파 내성실험회로를 참고하여 그림 1과 같이 실제 계통에서 설치되어 있는 상태로 구성하였다. 실험회로에서 배선용차단기는 상온·상습의 환경조건에서 수직배치하였으며 차단기 전선 접속 등은 KSC 8321 규격에 의해 구성하였다.

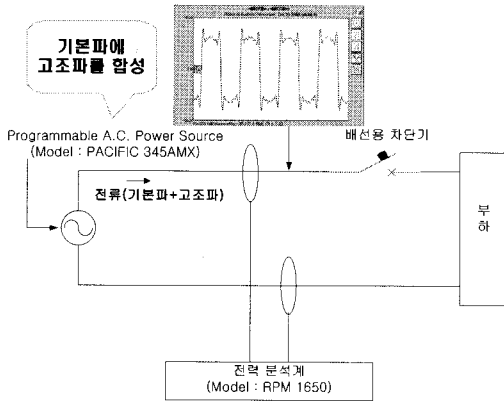


그림 1. 배선용차단기 실험회로

복합고조파 전류를 발생하기 위해 PACIFIC™의 Programmable AC power source 345AMX를 사용하였고 부하로는 10[Ω], 2[kW] 저항 3개를 병렬로 연결하여 구성하였다. 또한 배선용차단기에 공급되는 전류의 크기 및 파형을 측정하기 위해 RPM™의 1650 전력분석계를 사용하였다.

기본파와 고조파가 합성된 실험전류는 정격전류의 200[%] 크기에서 시험하였으며, 기본파에 합성된 고조파 전류는 KSC/IEC 60947-2의 부속서 F의 고조파 실험전류를 참고하여 합성하였다. 즉, 3, 5차 및 7, 9차 고조파 10~90[%]의 함유율을 가진 복수 고조파를 기본파 전류에 합성시켜 배선용차단기에 공급하였으며, 차단기가 동작할 때까지의 시간을 측정하여 동작특성을 분석하였다. 즉, 기본파 전류를 정격차단 전류 크기의 200[%]로 인가하여 기준시간을 정한 후 복합고조파의 크기를 10[%]에서 10[%]의 크기간격으로 90[%]까지 인가하여 기본파 200[%]를 기준으로 하였을 경우의 동작시간의 변화를 측정하여 복합고조파에 의한 차단시간 특성변화를 분석한다.

차단기 동작형태에 의한 시료는 표 1과 같으며, 정격 차단 용량 15[A]의 개별 차단기마다 각각 3회씩 시험하였다. 그림 2는 실험회로를 구성한 실험장치를 나타낸다.

표 1. 동작형태에 의한 시료 수량

동작 형태	시료 수량
열동식	6개사 18개
열동전자식	2개사 6개
완전전자식	5개사 15개
전자식	2개사 6개

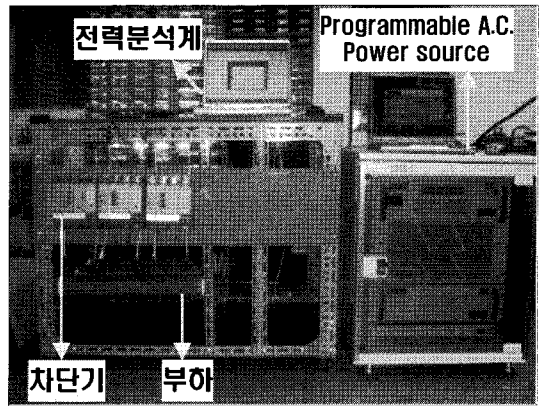
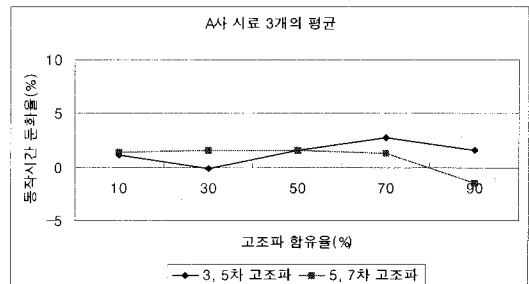


그림 2. 실험 장치

2.2 실험결과 및 고찰

그림 3은 열동식 배선용차단기의 복합고조파 전류에 의한 동작시간 특성변화 실험 결과이며, 합성된 시험전류가 차단기 정격전류의 200[%]일 때 기본파로 구성된 시험전류를 기준으로 하였을 경우, 동작 시간의 변화특성 그래프를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 6개 제조사 대부분 동작 시간의 변화가 없었으며, KS 규격인 2분 이내에 동작하여 오동작이 발생하지 않았다. 또한 3개사의 제품은 ±5[%] 이내, 편차가 큰 제품의 경우에도 ±10[%] 이내의 동작특성변화를 나타내었으며, 3, 5차 복합고조파에 의한 특성이 나타나지 않았다. 그러나 E, F사의 제품은 시험중 1개의 차단기가 기계적 결함이 발생했다.



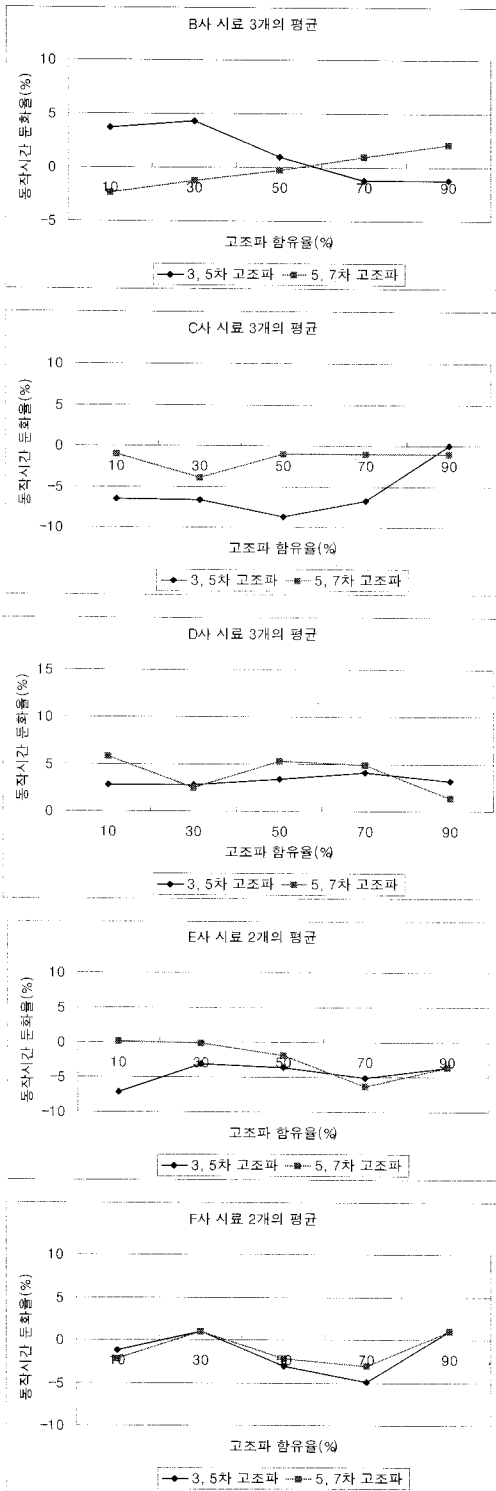


그림 3. 열동식 배선용차단기의 실험결과
(a) A사 (b) B사 (c) C사
(d) D사 (e) E사 (f) F사

열동전자식 배선용차단기의 경우 제작사별로 그림 4 (a), (b)와 같이 KS 규격인 2분 이내에 동작하여 오동작이 발생하지 않았다. 그러나 2개 제조사 시료 6개는 기본파만 존재할 경우에 비해 동작 시간 둔화율이 $\pm 5\%$ 이내로 나타났으나 기본파에 복수 고조파가 존재할 때 열동전자식 차단기에 미치는 영향이 거의 없는 것을 알 수 있다. 또한 3, 5차 및 5, 7차 복합고조파에 의한 특성이 거의 유사한 결과를 나타내었으며, 고조파 함유율이 50[%] 일 경우 기본파 성분 실험과 비교하여 다른 함유율 보다 가장 적은 동작시간 지연을 나타냈다.

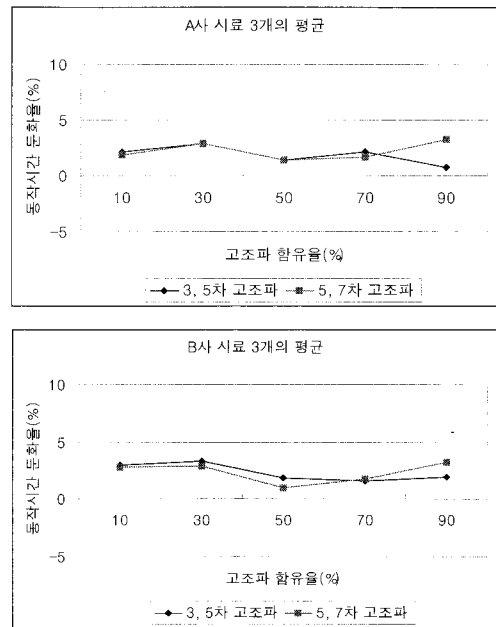


그림 4. 열동전자식 배선용차단기의 실험결과
(a) A사 (b) B사

5개사 15개의 완전전자식 배선용차단기에 기본파 전류 200[%]의 시험결과, 차단기 동작시간은 KS규격 2분 이내로 나타나 오동작은 발생하지 않았으나 제조사 1개의 시료가 기계적 결함이 발생하였다.

그림 5는 200[%] 복합 고조파를 시험한 경우, 기본파만 존재한 시험전류에 대한 동작 시간 둔화율 그래프를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 5개 제조사 시료 중 3개사는 3차와 5차 고조파가 포함된 경우보다 5차와 7차 고조파가 포함된 경우에서 동작 특성 둔화율이 높아 최대 50%(B사) 정도 둔화되는 것으로 나타났다. 그리고 2개 제조사에서는 3차와 5차 고조파가 포함된 경우와 5차와 7차 고조파가 포함된 경우에서 거의 비슷한 동작 시간 둔화율을 보여주었다. 따라서 복수 고조파가 존재할 때

완전 전자식 차단기는 동작시간이 둔화되어 사용에 주의가 필요한 것을 알 수 있다. 실험 결과, 완전전자식의 경우 고조파 함유율이 높을수록 동작시간 지연특성이 커지며, 4가지 동작방식 중 시간지연특성이 가장 높음을 알 수 있다.

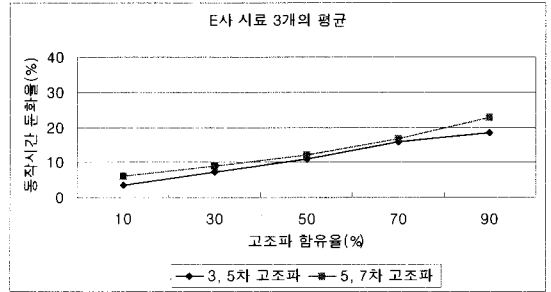
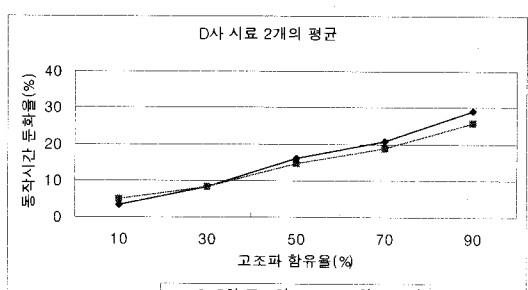
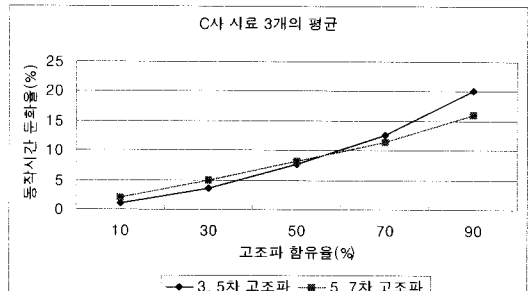
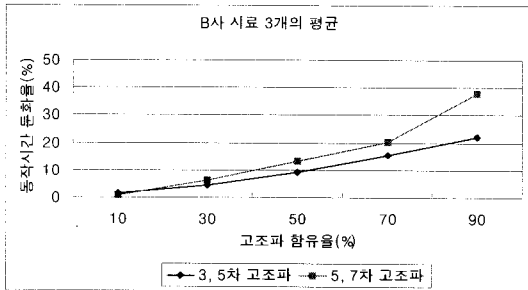
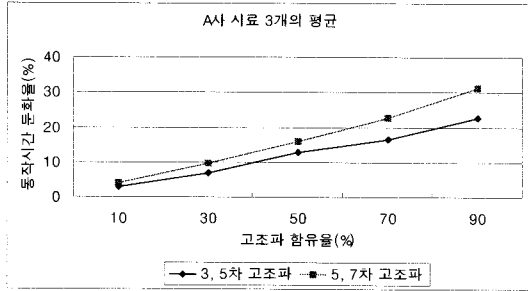


그림 5. 완전전자식 배선용차단기의 실험결과
(a) A사 (b) B사 (c) C사
(d) D사 (e) E사

기본파 전류가 전자식 배선용차단기 정격전류의 200[%]일 때 차단기 동작시간은 제조사 및 KS 규격(2분) 이내로 나타나 오동작은 발생하지 않았다.

그림 6 (a), (b)는 두 개 고조파가 합성된 시험전류가 전자식 배선용 차단기 정격전류의 200[%]일 때 기본파 전류에 대한 동작 시간 둔화를 그래프를 보여 주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 2개 제조사 시료 모두 ±10[%] 정도 내·외의 동작 특성 둔화율을 보여 주고 있어 두 개의 고조파가 기본파 전류에 합성되었을 때 전자식 배선용 차단기에 미치는 영향이 별로 나타나지 않았다. 또한 고조파 함유율 및 3, 5차 및 5, 7차 고조파에 의한 시간지연 특성이 비규칙적으로 나타났다.

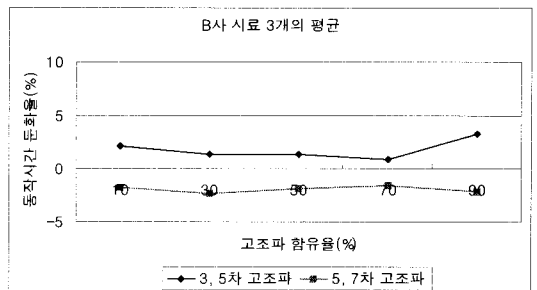
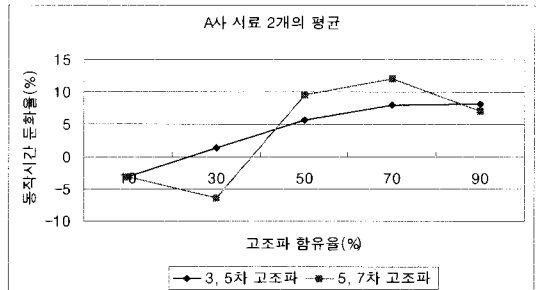


그림 6. 전자식 배선용차단기의 실험결과
(a) A사 (b) B사

3. 결론

본 논문에서는 과전류 동작장치의 종류·동작원리에 의해 구분되는 4가지 형태의 배선용차단기가 복합 고조파에 의해 변화되는 동작시간 특성변화를 실험하였다. 이를 위해 기본파 전류 크기의 200[%]를 15개사 45개의 배선용차단기에 우선 인가하여 기준 동작시간을 측정한 후 3차, 5차 복합고조파 및 5차, 7차 복합고조파를 10~90[%]까지 10[%] 간격으로 인가하여 기본파 동작시간과 비교하여 저차 및 고차 고조파, 고조파 함유율에 의한 동작시간 특성을 분석하였다.

실험결과 KS 기준 2분 이내에 모두 동작하여 고조파에 의한 배선용차단기의 오동작은 나타나지 않은 것으로 나타났다.

열동식과 전자식의 경우 고조파 함유율 및 3, 5차 및 5, 7차 복합고조파에 의한 규칙적인 특성이 나타나지 않았다. 열동전자식의 경우 고조파 함유율이 50[%]일 경우 기본파 성분 실험과 비교하여 다른 함유율 보다 가장 적은 동작시간 지연을 나타냈다. 완전전자식의 경우 3, 5차 및 5, 7차 복합고조파 실험 결과 거의 비슷한 동작 시간 둔화율을 보여주었다. 또한 고조파 함유율이 높을수록 동작시간 지연특성이 커지며, 4가지 동작방식 중 시간지연 특성이 가장 높음을 알 수 있다. 실험결과 열동전자식, 완전전자식의 경우 규칙적인 특성변화를 나타냈다.

고조파에 의한 배선용차단기 오동작은 없는 것으로 나타났다. 복합고조파가 포함된 경우 기본파에 비해 동작시간이 느려짐을 알 수 있으며 특히, 완전전자식의 경우 고조파 함유량이 높아질수록 시간지연특성이 크게 나타났다. 따라서 복합고조파 함유량이 높은 곳에서는 차단기 오동작을 예방하기 위해 완전전자식 배선용차단기의 사용을 피하는 것이 좋을 것으로 추정된다.

참고문헌

- [1] KSC 8321 : 배선용 차단기(2002).
- [2] www.lsis.biz, 배선용 차단기 기술자료
- [3] J. P. Brozek, "The Effect of Harmonics on Overcurrent Protection Devices", Proc. 1990 IAS, pp. 1965-1967, 1990
- [4] Aaron Reynose of Solidone Corporation "Use of electronics for overcurrent protection", Aug. 26, 2003
- [5] Estrada, T., Briggs, S. J. and Khosal, N., "Test of circuit breakers under harmonic loading conditions", Final report. Nov. 01, 1995, Army Construction Engineering Research Lab., Champaign, IL(United States)

- [6] 전정채외 2명, "고조파 전류에 의한 배선용 차단기 동작 특성", 조명·전기설비학회논문지, 제20권 제2호, 2006. 2, pp. 68-74

유재근(Jae-Geun Yoo)

[정회원]



- 1990년 2월 : 건국대학교 전기공학과 (공학사)
- 1992년 2월 : 건국대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2007년 8월 : 건국대학교 전기공학과 (공학박사)
- 1992년 ~ 1996년 : 대우전자 영상연구소 주임연구원

- 1996년 ~ 현재 : 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 책임연구원

<관심분야>

전기안전, 전력품질, 임베디드시스템 등

최명일(Myung-II Choi)

[정회원]



- 2002년 2월 : 창원대학교 전기공학과 (공학사)
- 2004년 2월 : 건국대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2001년 ~ 2002년 : 한국전기연구원 근무
- 2003년 ~ 현재 : 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 연구원

<관심분야>

전기안전, 전력품질, 초음파 모터 제어 등

박치현(Chee-Hyun Park)

[정회원]



- 2000년 : 고려대학교 전기전자전파공학부 (공학사)
- 2003년 : 건국대학교 전기전자전파공학부 (공학석사)
- 2003년 ~ 2005년 : LG이노텍 근무
- 2006년 ~ 현재 : 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 연구원

<관심분야>

신호처리, 전력품질, 수증음파탐지 등

손재현(Jae-Hyun Son)

[정회원]



- 1987년 2월 : 건국대학교 전기공학과 (공학사)
- 1989년 2월 : 건국대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1995년 8월 : 건국대학교 전기공학과 (공학박사)
- 1995년 8월 ~ 1998 2월 : 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 선임연구원
- 1998년 3월 ~ 현재 : 강릉영동대학 전기과 조교수

<관심분야>

전기설비, 고장진단, 전력품질, PLC 설계 및 응용