

복합고조파에 의한 누전차단기의 동작 특성 연구

유재근^{1*}, 최명일¹, 박치현¹, 손재현²

A Study on the Operating Characteristic of RCB by Synthesize Harmonic Current

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

요약 본 논문에서는 복합고조파 전류에 의한 누전차단기의 동작특성에 대해 분석하였다. 정격감도전류 30[mA] 전류형 누전차단기에 대해 복합고조파에 의한 동작특성을 실험하여 고조파에 의한 누전차단기 오동작, 부동작 특성을 분석하였다. 실험결과 누전차단기의 동작전류는 복합고조파 전류에 의해 변화하였다.

Abstract This paper analyze the operating characteristic of RCB due to the synthesize harmonic current. The RCB of rated sensitivity electric current with 30[mA] test to operating characteristic by synthesize harmonic current and it analyzed the tripping operation due to a harmonic current. The test result, the operating current of RCB changed by synthesize harmonic current

Key Words : RCB, Synthesize harmonic currents, Malfunction, Nuisance tripping

1. 서론

누전차단기(Residual Current Circuit Breaker; RCB)는 저압전로에서 누전으로 인한 감전사고와 지락사고 등의 전기안전사고를 방지하기 위하여 사용되는 전기설비로 규정된 장소에 적합하게 설치되어야 한다[1~3]. 따라서 대지로 누설되는 누설전류를 신속하게 검출하고 차단하는 기능을 가지고 있으며 일반적으로 누전차단기에 대한 표기는 다음과 같이 사용한다. 한국과 일본의 경우에는 ELB, 미국과 캐나다의 경우 GFCI/GFI(Ground Fault Circuit Breaker), 유럽에서는 RCCB/RCB(Residual Current Circuit Breaker)로 표기하여 사용한다[4].

또한 동작원리에 의해 전압과 전류동작형으로 구분할 수 있으며, 현재 전압동작형은 접지선정의 어려움에 의해 거의 사용하지 않으며, 대부분 전류동작형 누전차단기를 사용하고 있다. 중요한 전기안전 설비인 누전차단기에 연구는 EMC, 뇌찌지, 서지전압 등에 의한 동작특성 및 오동작 등에 대해 활발하게 진행되고 있다[4~7].

누전차단기의 오동작, 불필요 동작은 정전사고로 직결

되므로 일부에서는 설치규정을 위반하여 배선용차단기로 대체하거나 직결하여 사용하므로 감전·전기화재 사고 등을 유발할 수 있는 위험이 있다. 따라서 가정용으로 가장 많이 사용하고 있는 정격감도전류 30[mA] 전류형 누전차단기를 대상으로 실제 사용환경과 유사한 복합고조파에 의한 동작특성을 실험하여 고조파에 의한 누전차단기 오동작, 부동작 특성 등을 분석하고자 한다. 따라서 복합고조파, 정전용량에 의한 누설전류와 누전차단기 동작 특성을 실험하고 결과를 분석하였다.

2. 본론

2.1 실험방법

복합고조파에 의한 누전차단기의 동작특성 실험회로는 IEC 61008-1의 동작특성 실험회로를 참고하여 그림 1과 같이 구성하였다. 이 때 누전차단기는 상온·상습환경에서 수평배치를 하였으며, 차단기 전선 접속 등은 KSC 4613 규격에 의해 구성하였다.

¹한국전기안전공사 부설 전기안전연구원

²강릉영동대학 전기과

*교신저자: 유재근(yoojaek33@hotmail.com)

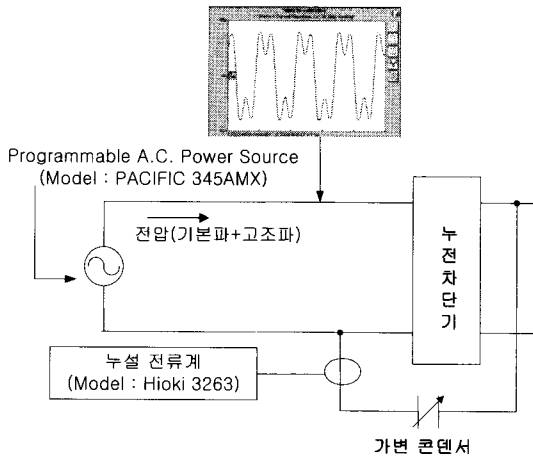


그림 1. 누전차단기 실험회로

복합고조파 전류를 발생하기 위해 PACIFIC™의 Programmable AC power source 345AMX를 사용하였고 가변콘덴서를 이용하여 정전용량을 변화시킬 수 있도록 구성하였다. 또한 누전차단기가 동작하도록 정전용량을 가변시켜서 누설전류를 증가시키고 HIOKI™ 3263 누설전류계를 이용하여 차단기 동작시점의 누설전류값을 측정하였다.

실험에 사용된 조건은 상온·상습 범위내에서 수행되었으며, 각각의 실험방법으로 시료 3개에 대해 3회 실험 후 평균값을 결과값으로 하였다. 또한 시료는 국내에서 판매중인 정격전류 30[A], 동작시간 0.03초 이내의 30[mA] 누전차단기 7개사(A사, B사, C사, D사, E사, F사, G사) 제품 21개를 대상으로 실험했다.

실험에 사용된 6개의 파형은 표 1과 같이 구성하여 사용하였으며, 기본파 특성과 비교하기 위해 기본파를 인가하여 실험하고 복합고조파는 10~50[%]까지 5[%] 간격으로 증가하여 실험하였다.

표 1. 복합 고조파의 구성

복합고조파 형태	구성
파형 1	3차, 5차
파형 2	5차, 7차
파형 3	7차, 9차
파형 4	3차, 5차, 7차
파형 5	5차, 7차, 9차
파형 6	3차, 5차, 7차, 9차

2.2 실험결과 및 고찰

그림 2는 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 및 5, 7차 복합고조파에 의한 특성이 나타나지 않았다. 그러나 E, F사의 제품은 시험중 1개의 차단기가 기계적 결함이 발생했다.

그림 2는 3차와 5차 고조파가 기본파에 합성된 경우 정격감도전류 30[mA] 누전 차단기의 동작전류 특성 그래프를 나타낸다. 대부분 고조파 함유율이 20[%] 이상일 때부터 정격감도전류를 초과하여 동작하는 것을 알 수 있고 일부 차단기의 경우에는 상당한 크기의 누설전류가 흘러야 동작되는 것을 알 수 있다. 이러한 결과에서 알 수 있듯이 3 및 5차 고조파가 합성된 경우에는 높은 차수의 영향을 많이 받는 것을 알 수 있고 고조파 함유율이 25[%] 이상일 때에는 상당한 크기의 누설전류가 흘러야 누전 차단기가 동작됨을 알 수 있다. 하지만 고조파 함유율이 20[%] 미만일 때에는 정격감도전류 이내 또는 비슷한 크기의 값에서 동작하는 경우가 있어 누전 차단기 오동작으로 인식될 가능성이 있으며 사용에 주의가 필요한 것으로 나타났다.

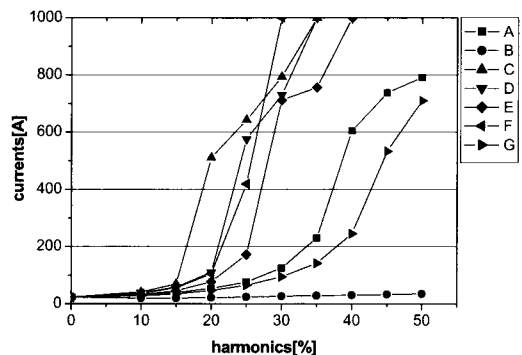


그림 2. 5차 복합고조파

그림 3은 5차와 7차 고조파가 기본파에 합성된 경우 정격감도전류 30[mA] 누전 차단기의 동작전류 특성 그래프를 나타낸다. 대부분의 누전차단기는 고조파 함유율이 10[%] 이상일 때부터 정격감도전류를 초과하여 동작하는 것을 알 수 있고 일부 차단기의 경우에는 상당한 크기의 누설전류가 흘러야 동작되는 것을 알 수 있다. 또한

1개사 제품을 제외하고 고조파 함유율에 따른 동작전류 특성이 비교적 유사하게 나타남을 알 수 있다.

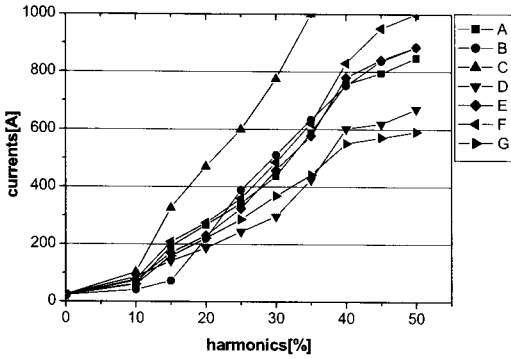


그림 3. 5, 7차 복합고조파

그림 4는 7차와 9차 고조파가 기본파에 합성된 경우 정격감도전류 30[mA] 누전 차단기의 동작전류 특성 그래프를 나타낸다. 7차와 9차 고조파가 기본파에 합성되었을 경우에는 고조파 함유율이 15[%] 이상일 때부터 상당한 크기의 누설 전류가 흘러야 누전 차단기가 동작되는 것을 알 수 있고 이는 누전 차단기 오동작 가능성이 없다는 것을 나타낸다.

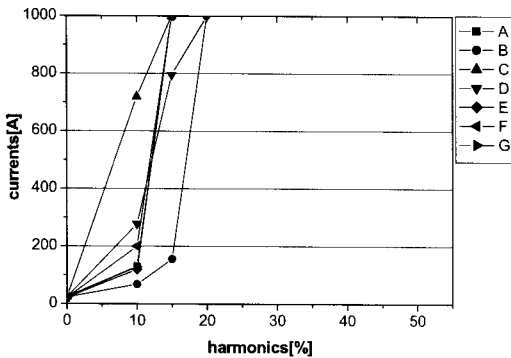


그림 4. 7, 9차 복합고조파

그림 5는 3, 5차와 7차 고조파가 기본파에 합성된 경우, 그림 6은 5, 7차와 9차 고조파가 기본파에 합성된 경우 정격감도전류 30[mA] 누전 차단기의 동작전류 특성 그래프를 나타낸다.

실험결과와 같이 높은 차수의 고조파가 포함되었을 경우 누전 차단기 동작전류는 높아짐을 알 수 있으며 두 경우 모두 고조파 함유율이 10[%] 이상일 때부터 누전 차단기 정격감도전류를 초과하여 동작하게 되었고 상당한 크기의 누설전류가 흘러야 누전 차단기가 동작되는 것을

알 수 있다.

마지막으로 3, 5, 7 및 9차 고조파가 기본파에 합성되었을 때의 30[mA] 누전 차단기 동작전류 특성 그래프는 그림 7과 같다. 실험결과 고조파 함유율이 10[%] 이상일 경우 누전 차단기는 정격감도전류를 초과하여 동작하였고 고조파 함유율이 15[%] 이상에서는 상당한 크기의 누설전류가 흘러야 누전 차단기가 동작되는 것을 알 수 있었다.

또한 복합고조파에 의한 실험결과 3, 5차, 5, 7차, 5, 7, 9차 복합고조파에 의한 특성그래프의 결과가 유사한 형태를 나타냄을 알 수 있으며, 7, 9차 이상의 결과에서 알 수 있듯이 두개 이상의 고조파가 기본파에 합성되었을 경우에는 누전 차단기 오동작 가능성은 점점 낮아지고 높은 차수의 고조파가 포함되었을 경우에는 상당한 크기의 누설전류가 흘러야 누전 차단기가 동작되는 것으로 나타났다. 즉, 5차 이상의 높은 차수의 고조파 두 개 이상 차단기 공급 전원에 포함되었을 경우 정전용량에 의한 누설전류는 증가하는 것과 비례하여 누전 차단기가 동작되는 누설 전류값도 증가하게 됨을 알 수 있었으며 높은 고조파 차수가 포함되어 있고 함유율이 높을수록 누전 차단기 동작 가능성은 낮아짐을 알 수 있었다.

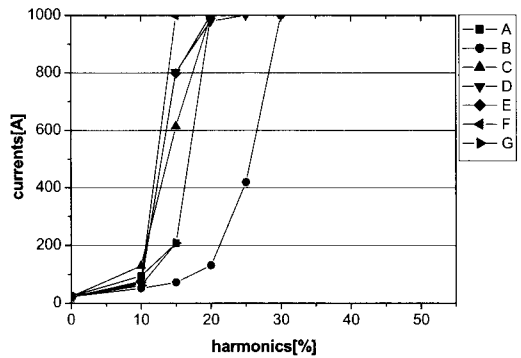


그림 5. 3, 5, 7차 복합고조파

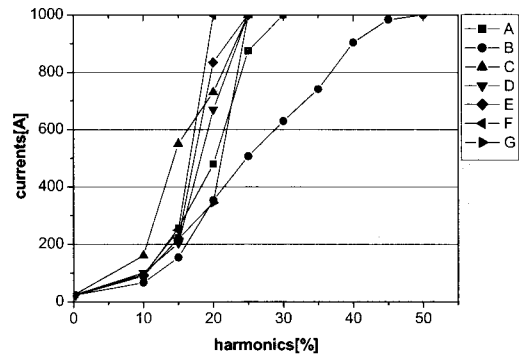


그림 6. 5, 7, 9차 복합고조파

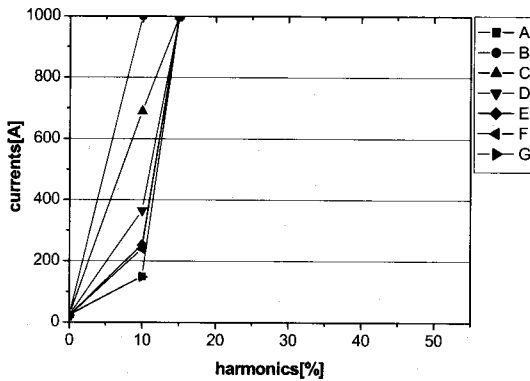


그림 7. 3, 5, 7, 9차 복합고조파

3. 결론

본 논문에서는 가정용으로 가장 많이 사용하고 있는 정격감도전류 30[mA] 전류형 누전차단기를 대상으로 실제 사용환경과 유사한 복합고조파에 의한 동작특성을 실험하여 고조파에 의한 누전차단기 오동작, 부동작 특성 등을 분석하였다.

두 개 이상의 고조파가 존재할 경우 고조파 차수가 높거나 고조파 함유량이 많아질수록 누전 차단기를 동작시키는 누설전류값의 크기가 증가하였다. 즉, 기본파만 존재할 때보다 더 작은 누설전류(대지정전용량에 의한 누설전류)에서 누전 차단기가 동작되어 오동작 또는 원인 불명 동작이 발생할 수 있다. 5차 이상의 고조파와 두 개 이상의 고조파가 기본파에 합성되었을 경우에는 누전 차단기 내부의 필터회로(노이즈제거회로)로 인하여 대부분의 경우 누전 차단기가 동작되기 위해서는 대지정전용량에 의한 누설전류가 상당한 크기로 흘러야 되므로 고조파 차수가 높고 함유량이 높을수록 고조파에 의한 누전 차단기 동작은 거의 발생할 가능성이 없는 것으로 나타났다.

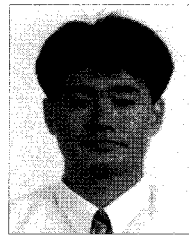
참고문헌

[1] KSC 4613 : 누전차단기, pp. 1~22, 2002
 [2] 대한전기협회, “내선규정”, pp. 134~138, 2003
 [3] KSC/IEC 61009-1 : 가정용 및 이와 유사한 설비의 과전류 보호형 누전 차단기-제1부 : 일반요구사항, pp. 1~100, 2002

[4] 이재복의 4명, “누전차단기의 뇌씨지 동작특성 분석 및 오동작 대책”, 대한전기학회논문지 51C권 10호, pp. 479~484, 2002, 10
 [5] 김언석의 5명, “누전차단기의 충격과 부동작특성과 EMC 성능비교 분석”, 한국조명·전기설비학회 학술대회 논문집, pp. 319~323, 2003, 11
 [6] 이승철의 3명, “서지전압에 대한 50[A]용 누전차단기의 부동작특성”, 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol. 11, No. 5, pp. 45~52, 1997, 10
 [7] 문식의 3명, “누전차단기의 특성 분석”, 한국화재소방학회 춘계학술대회 논문집, pp. 62~66, 2002

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

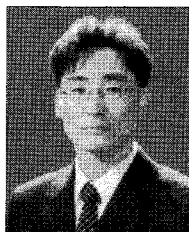
- 1996년 ~ 현재 : 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 책임연구원

<관심분야>

전기안전, 전력품질, 임베디드시스템 등

최명일(Myung-Il 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

박 치 현(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, 수중음파탐지 등

손 재 현(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