

아크 회로차단기(AFCI) 개요 및 국제동향

문 식\*, 안상필 김응식 김천연  
한국전기연구원 호서대학교 휴먼엘텍(주)

A Brief on the Arc-Fault Circuit Interrupter(AFCI) and International Movement

Sik Moon\*, Sang-Pil Ahn Eung-Sik Kim Cheon-Youn Kim  
KERI Hoseo University Human Eltech Inc.

**Abstract** - 최근 부하설비의 증가와 더불어 전기화재 사고에 대비한 안전장치의 연구와 규정이 전세계적으로 변동하는 추세에 있다.

이와 관련하여 본 논문에서는 국내화재에서 전기화재가 차지하는 비율과 아크 회로차단기의 정의와 필요성에 관하여 기술하였으며, 국가별 아크 회로차단기의 국제동향을 바탕으로 국내실정에 맞도록 아크 회로차단기에 대한 규정변화를 모색하고자 한다.

1. 서 론

전기 때문에 일어나는 화재는 매년 전체 화재 원인 중 가장 많이 차지하고 있으며 이로 인한 피해도 많이 늘어나고 있다.

특히, 우리나라 도시나 농촌의 눈부신 발전으로 우리의 생활은 옛날과 비교할 수 없을 정도로 윤택하여졌고 문명의 척도라고 할 수 있는 전기는 산간벽지에 이르기까지 없는 곳이 없을 정도로 사용량이 급격히 늘어나고 있다. 생활용품인 텔레비전, 전축, 선풍기, 냉장고, 에어컨, 전화 등을 비롯한 산업용 기기를 움직이는 원동력인 전기는 우리생활과 밀접한 관계를 가지고 있다.

이처럼 전기가 우리의 일상생활에 한시라도 없어서는 안 될 귀중한 것이기 때문에 해마다 그 사용량이 늘어나고 있는 것과 비례하여 전기가 원인이 되어 일어나는 화재 역시 날로 늘어나고 있는 실정이다.

내무부의 화재통계에 의하면 원인별 화재발생 상황 중 전기화재가 전체 화재의 30% 이상으로 매년 1위를 차지하고 있다. 2002년과 2001년도의 서울 화재발생 통계를 살펴보면 표 1과 같다[1].

표 1. 2001년, 2002년도 서울의 화재 발생통계

구분	계(건)	전기	담배	방화	가스	불티	유류	불장난	성냥	난로	아궁이	기타
'02	6,017	2,558	1,125	697	450	303	201	173	60	34	7	409
비율(%)		42.5	18.7	11.6	7.5	5.0	3.3	2.9	1.0	0.6	0.1	6.8
'01	7,379	3,245	1,388	719	584	370	262	249	62	57	7	446
비율(%)		43.8	28.8	9.7	7.9	5.0	3.6	3.4	0.8	0.8	0.1	6.0

화재사고로 인하여 2002년도 인명피해는 사망 61명,

부상 290명이고, 144억 12만원 어치의 재산피해가 발생하였다.

국내의 1998년도 전기화재중 발화원인별 화재발생과 발생별 발화현상을 살펴보면 아래와 같다[2].

- 1) 발화원인별 화재발생 비율
  - ① 이동가능한 전열기에 의한 화재발생 - 35%
  - ② 배선에 의한 화재발생(전등, 전화) - 27%
  - ③ 전기기기에 의한 화재발생 - 14%
  - ④ 전기장치에 의한 화재발생 - 9%
  - ⑤ 배선기구에 의한 화재발생 - 5%
  - ⑥ 고정된 전열기에 의한 화재발생 - 5%
  - ⑦ 기타 - 5%
- 2) 발생별 발화현상 비율
  - ① 스파크(Spark, Arc) - 24%
  - ② 누전 - 15%
  - ③ 접촉부위에서의 과열 - 12%
  - ④ 절연연화에 의한 발열 - 11%
  - ⑤ 과전류에 의한 발열 - 8%
  - ⑥ 기타 - 30%

위와 같이 전기로 인한 화재의 주요 원인 중의 하나인 아크 전류는 전기회로계에서 발생하는 현상으로 일반적인 차단기는 회로차단 기능을 가지고 있지 않다. 따라서 전기화재를 감소시키기 위해서는 이러한 아크 회로차단 기능을 갖는 차단기가 요구되므로 아크 회로차단 성능을 갖는 차단기를 설계하여 전기 화재의 위험성을 상당히 줄일 수 있을 것으로 예측 할 수 있다.

2. 본 론

아크는 갭 간의 전기적 전류의 방전현상인데, 전극의 과열로 발생하는 아크에너지가 탄화화 가스방출을 일으키고 작은 용융된 금속 미립자가 생성하여 절연재료가 점화 될 수 있는 요인이 매우 크다. 즉 아크 발생조건이 제어되지 않는다면 화재가 발생할 수 있는 잠재력이 매우 크다고 볼 수 있다.

2.1 아크 회로차단기의 정의

아크 회로차단기(AFCI: Arc-Fault Circuit Interrupter)란, 종속된 전기 배선상의 절연 파괴, 연결 결함, 노화현상 등으로 인해 발생하는 전기 화재의 주 원인이 되는

아크를 검출하여 차단하는 기능을 가진 새로 개발된 전기 기기이다.

## 2.2 아크차단기의 필요성

한국은 1998년도에 발생한 전기화재 중 24%가 화재의 원인이 아크였고, 미국은 1994~1998년의 5년 동안 연간 평균 73,500건의 전기 화재가 발생했으며 이로 인해 평균 591명의 사망과 2,247명의 부상, \$1,047,900,000의 재산 피해가 매년 발생했다.

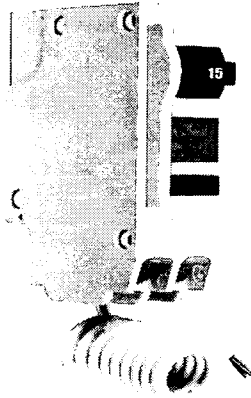


그림 1. 아크 회로차단기(AFCI)의 실물사진

이러한 73,500건의 전기화재 중 60,900건(82%)은 과부하(Overload)나 단락(Short-circuit)가 아닌 아크가 화재의 원인인 것으로 조사되었다[3].

AFCI가 개발된 후, 미국소비자제품안전위원회(CPSC : Consumer Product Safety Commission)의 기술진들에 의해 AFCI에 대한 자체 조사 결과 가정내의 전기 화재의 50~75%는 AFCI를 설치함으로써 전기화재를 예방하고 무고한 생명과 재산을 보호할 수 있다고 추정하였다.

## 2.3 AFCI의 설계

전기 회로계에는 여러 가지 아크성 신호가 혼재한다. 일반적으로 아날로그회로를 이용하여 아크전류 신호를 검출할 때는 일회성 아크, 아크유사 신호 및 전기 화재의 원인이 될 수 있는 아크신호 등을 구분하기가 쉽다. 따라서 아크전류를 검출하기 위해서는 아크전류와 혼동되는 많은 신호들을 분석할 필요가 있다.

기존에 사용하고 있는 과전류 누전차단기는 누설 전류나 전기에 의한 인체의 감전 등을 제어하기 위한 목적으로 설계되어 있다. 이러한 제어를 이용해서는 아크전류를 제어할 수 없는 한계를 가지고 있다. 이것은 누설 전류나 서지전류가 갖는 특성이 아크전류 특성과 확연히 다르기 때문이다.

따라서, 아크 전류 제어를 위해서는 새로운 개념에서 차단기를 설계하여야 한다. 또한, 일반적으로 사용되어

지는 전기 드릴, 진공청소기 등 각종 전기 기구에서 발생하는 아크 형태의 노이즈와 전기 도선에서 발생하는 아크 전류를 분류할 수 있어야 한다.

아크 전류는 line 및 neutral 사이에서 발생하는 parallel arc, line이 단선 되거나 전기 기구에 느슨하게 연결되어 있는 경우에 다수 발생하는 serial arc, neutral 과 ground 사이에서 발생하는 ground arc로 구분한다.

아크 회로차단기(AFCI)는 이러한 전기 기구에서 발생하는 노이즈와 전기 도선에서 발생한 아크 전류를 분류하여 전기 도선에서 발생하는 아크 전류만을 검출하여 차단할 수 있도록 설계 되어야 한다.

그림 2는 직렬 아크 발생을 위한 기본 회로도 이고, 그림 3은 아크 회로 차단기 실험을 위한 아크 발생 장치의 구성을 나타낸다.

이 아크 발생 장치는 UL 규정에 정해져 있다[4].

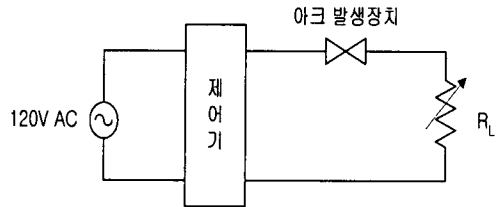


그림 2. 직렬 Arc 발생을 위한 기본 회로도

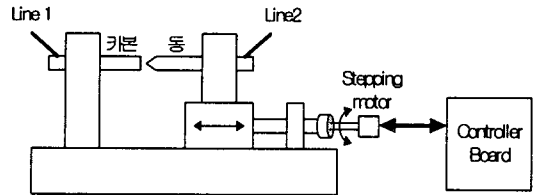


그림 3. 아크 발생 장치

## 2.4 국제동향

### 2.4.1 미국

미국 국립소방장협회(NASFM: National Association of State Fire Marshals) 자료에 따르면 주택에서 발생하는 전기화재의 약 80%가 아크사고에 의해 발생한 것으로 조사되었다.

미국에서는 1994년부터 화재 발생의 주요원인인 아크에 대한 많은 조사와 발표가 이루어짐에 따라 미국소비자제품안전위원회(CPSC) 새로운 전기안전기술을 통해 가전의 전기화재위험을 줄이기 위한 방안으로 아크 회로 차단기(AFCI)를 권고하였고, 이에 따라 AFCI 제품이 1997년부터 생산되었으며, 2002년부터 AFCI 설치의 의무화하는 조항이 NEC(National Electrical Code)

개정에서 법제화되었다[5].

미국의 AFCI의 동향을 년도별로 살펴보면 다음과 같다.

1994: 화재 발생의 주요 원인인 Arc의 중요성에 대한 많은 조사 발표가 이루어짐에 따라 Underwriters Laboratories(UL)가 AFCI 안전 규정을 위한 작업 착수

1995: 미국 소비자 제품 안전 위원회(CPSC)가 새로운 전기 안전 기술을 통해 가정의 전기화재 위험을 줄이기 위한 방안 조사에 의해 Arc Fault Circuit Interrupter(AFCI)기술이 유망한 새로운 기술로써 확인됨

1996: UL에 의해 Arc-Fault Detection Circuit Breaker에 대한 조사 보고서가 발행됨

1997: AFCI device의 최초 생산이 이루어짐 CPSC의 전기 기술진들에 의해 신제품으로 시장에 선보인 AFCI 제품을 Test한 결과 효과가 있음을 입증

1999: 수년간의 연구, 조사 결과들을 통해 UL이 AFCI의 시험표준서 (Standard) UL1699 발행

- 상업용 AFCI를 위한 UL의 정식 AFCI 시험 실시
- CPSC 주도로 AFCI 설치를 의무화 하는 National Electrical Code(NEC) 210.12, 550.25 규정 (2002년 1월 1일 시행)이 1999년 개정에서 법제화 되었다.
- Branch/Feeder AFCI 제품이 시장에 출시됨

2000: NEC 2002에 AFCI설치 적용 범위 확대

2002: NEC 2005 발행을 위한 AFCI설치 범위 확대 및 보호 영역별 제품 형태를 구체적으로 법제화하기 위한 제안들이 제출

2002 NEC 210.12항 AFCI Protection.

- 각 가정의 침실에 설치된 15A와 20A의 출구에 전원을 제공하는 모든 배선회로에 AFCI가 제공되도록 의무화.

550.25항 AFCI Protection.

- 이동주택과 조립주택의 침실에 설치된 15A와 20A의 출구에 전원을 제공하는 모든 배선회로에 AFCI가 제공되도록 의무화.

440.65항

- 룸에어컨의 전원공급코드에도 AFCI 또는 LCDI (Leagege Current Detection Interrupter)를 제공 하도록 의무화 하였으며 그 시행일은 UL에 의해 2004년 7월 31일로 결정되었다.

미국의 주 정부들은 현재 침실 내에서도 조명출구,

팬, hard-wired smoke detector, room air conditioner 까지 그 적용 범위를 확대 시행하고 있으며, 아울러 침실 외에도 player-room, bathroom에 까지 확대 시키고 있다. UL, CPSC 등의 관련 기관에 따르면 2005년 NEC를 포함해 AFCI 규정 범위가 확대 될 것이 확실시 되고 있다.

### 2.4.2 캐나다

캐나다 에서는 2002년도에 아크 회로차단기설치를 의무화 하는 조항이 법제화 되었다. 캐나다의 관련 코드의 내용은 다음과 같다.

2002 [Canadian Electrical Code(CEC)] 26.722 (f)항과 (g)항 [6].

- (f)항 : 각 주거지 침실에 설치되는 콘센트에 전원을 공급하는 분기회로단자에는 AFCI에 의한 보호가 제공되어야 한다.

- (g)항 : (f)항의 적용을 위한 AFCI는 Arc Fault가 검출 될 때 전기회로의 차단을 통해 Arc Fault로부터의 보호를 제공하기 위한 장치이다.

### 3. 결 론

아크 회로차단기(AFCI)는 신호장치가 아니다, 그렇지만 이것은 안전보호 전기기기이다.

결국, 이 전기기기는 발생할 수 있는 화재나 아크의 불필요한 영향을 완화시킴으로서 사람과 재산을 안전하게 지킬수 있는 장치이다.

따라서 우리나라도 조속히 UL 1699 규격을 참고로 하여 아크 회로차단기(AFCI)에 대한 전기용품 안전인증 제품 및 KS제품규격을 조속히 제정하여야 한다.

특히 전기설비기술기준에 고시하여 새로운 건축물에는 아크회로차단기(AFCI) 설치를 의무화하고, 점차적으로 기간을 주어 각 가구에 설치하도록하여 전기화재를 예방하고 무고한 생명과 재산을 보호 할 수 있다고 제시한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 소방방재본부, “행정정보공개 보고서”, 2003,
- [2] 내무부 통계자료 “1998년도 원인별 화재발생현황”, 1999
- [3] 미국 국립소방서장협회 (National Association of State Fire Marshals (NASFM) “2가구이하주택 전기화재 통계” Marty Ahrens(NFPA:미국방화협회), 2001. 3
- [4] Underwriters Laboratories(UL)1699, 1999
- [5] 미국 전기규정 “National Electrical Code (NEC)210.12, 550.25, 1999
- [6] 캐나다 전기규정 “Canadian Electrical Code(CEC) 26.722 (f)항과 (g)항”, 2002
- [7] David Dini “Arc Fault Circuit Interrupter” 2002