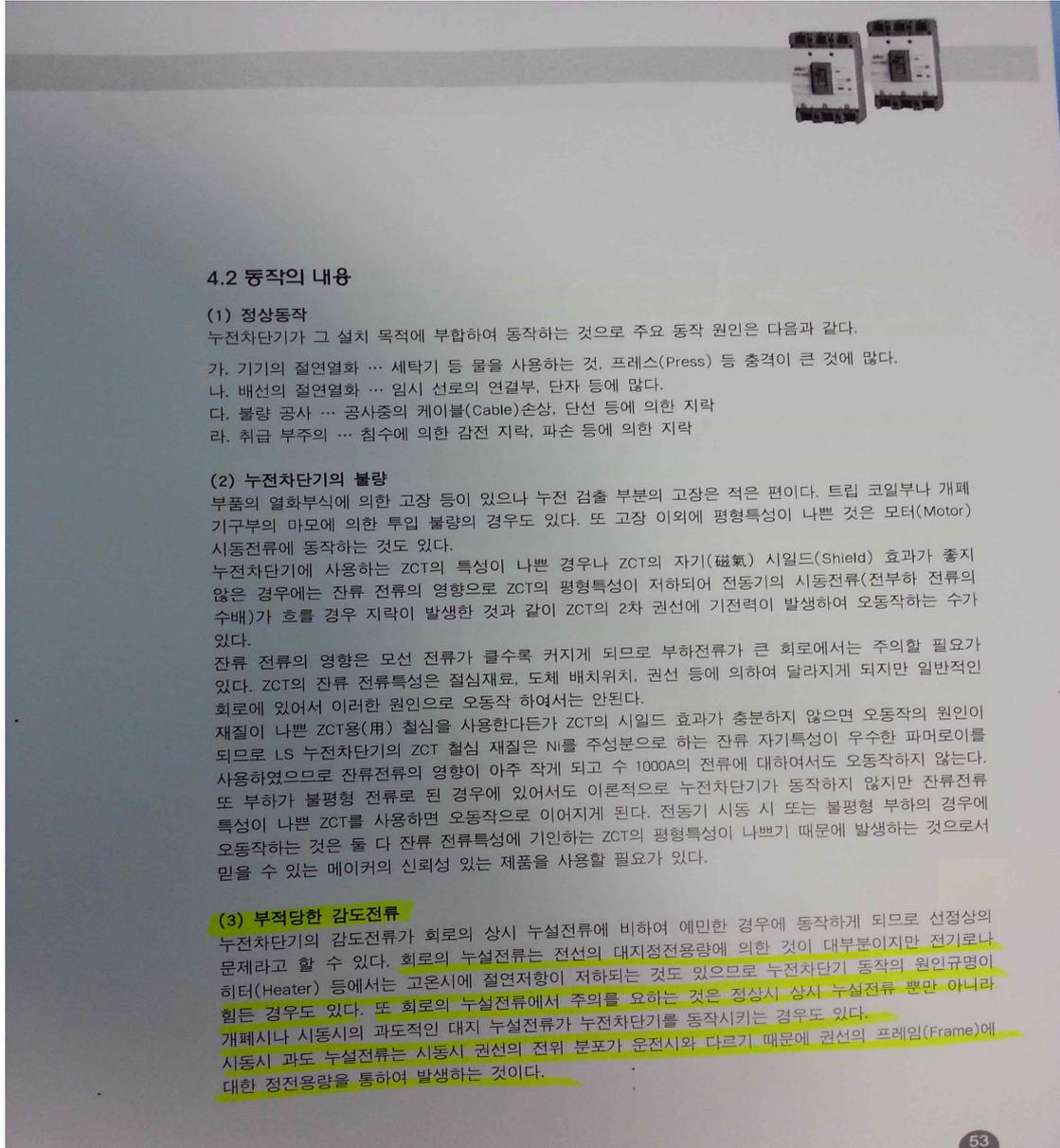


## 제목 : 누전차단기 오동작 원인 및 해결책에 대한 자료

LS산전에서 제작한 누전차단기의 오동작에 대한 자료와 간단한 해설입니다.



### 4.2 동작의 내용

#### (1) 정상동작

누전차단기가 그 설치 목적에 부합하여 동작하는 것으로 주요 동작 원인은 다음과 같다.

- 가. 기기의 절연열화 ... 세탁기 등 물을 사용하는 것, 프레스(Press) 등 충격이 큰 것에 많다.
- 나. 배선의 절연열화 ... 임시 선로의 연결부, 단자 등에 많다.
- 다. 불량 공사 ... 공사중의 케이블(Cable)손상, 단선 등에 의한 지락
- 라. 취급 부주의 ... 침수에 의한 감전 지락, 파손 등에 의한 지락

#### (2) 누전차단기의 불량

부품의 열화부식에 의한 고장 등이 있으나 누전 검출 부분의 고장은 적은 편이다. 트립 코일부나 개폐 기구부의 마모에 의한 투입 불량률의 경우도 있다. 또 고장 이외에 평형특성이 나쁜 것은 모터(Motor) 시동전류에 동작하는 것도 있다.

누전차단기에 사용하는 ZCT의 특성이 나쁜 경우나 ZCT의 자기(磁氣) 시일드(Shield) 효과가 좋지 않은 경우에는 잔류 전류의 영향으로 ZCT의 평형특성이 저하되어 전동기의 시동전류(전부하 전류의 수배)가 흐를 경우 지락이 발생한 것과 같이 ZCT의 2차 권선에 기전력이 발생하여 오동작하는 수가 있다.

잔류 전류의 영향은 모선 전류가 클수록 커지게 되므로 부하전류가 큰 회로에서는 주의할 필요가 있다. ZCT의 잔류 전류특성은 절실재료, 도체 배치위치, 권선 등에 의하여 달라지게 되지만 일반적인 회로에 있어서 이러한 원인으로 오동작 하여서는 안된다.

재질이 나쁜 ZCT용(用) 철심을 사용한다든가 ZCT의 시일드 효과가 충분하지 않으면 오동작의 원인이 되므로 LS 누전차단기의 ZCT 철심 재질은 Ni를 주성분으로 하는 잔류 자기특성이 우수한 파머로이를 사용하였으므로 잔류전류의 영향이 아주 작게 되고 수 1000A의 전류에 대하여서도 오동작하지 않는다. 또 부하가 불평형 전류로 된 경우에 있어서도 이론적으로 누전차단기가 동작하지 않지만 잔류전류 특성이 나쁜 ZCT를 사용하면 오동작으로 이어지게 된다. 전동기 시동 시 또는 불평형 부하의 경우에 오동작하는 것은 둘 다 잔류 전류특성에 기인하는 ZCT의 평형특성이 나쁘기 때문에 발생하는 것으로서 믿을 수 있는 메이커의 신뢰성 있는 제품을 사용할 필요가 있다.

#### (3) 부적당한 감도전류

누전차단기의 감도전류가 회로의 상시 누설전류에 비하여 예민한 경우에 동작하게 되므로 선정상의 문제라고 할 수 있다. 회로의 누설전류는 전선의 대지정전용량에 의한 것이 대부분이지만 전기로나 히터(Heater) 등에서는 고온시에 절연저항이 저하되는 것도 있으므로 누전차단기 동작의 원인규명이 힘든 경우도 있다. 또 회로의 누설전류에서 주의를 요하는 것은 정상시 상시 누설전류 뿐만 아니라

개폐시나 시동시의 과도적인 대지 누설전류가 누전차단기를 동작시키는 경우도 있다. 시동시 과도 누설전류는 시동시 권선의 전위 분포가 운전시와 다르기 때문에 권선의 프레임(Frame)에 대한 정전용량을 통하여 발생하는 것이다.

○해설 : 현재 현장에서 LED 조명등을 누전차단기 후단에 타이머를 이용하여 제어할 경우에 개폐시 문제로 대지 누설전류가 누전차단기를 동작시키는 사례가 있었음. LED 조명등 운영사무실에서 퇴근시 전등을 끄고 나갈 때 누전차단기가 떨어져서 다음 날 출근하여 스위치를 켜면 조명등이 ON 되지 않아서 확인해 보면 누전차단기가 트립되어 있었음.

○해결책 : IGR 누전차단기를 설치하여 용량성 누설전류에 강하게 하든지, 중감도 누전차단기를 설치하여 해결한 사례가 있었음.

부하기구나 배전선의 대지에 대한 정전용량이 큰 경우에는 정상 시에도 상당히 큰 영상분 전류가 흐르게 되며 이것이 누전차단기의 정격 부동작 전류치를 넘게 되어 동작하는 경우가 있다. 이는 일반적으로 다수의 분기회로를 결합하여 1대의 누전차단기로 지락보호를 행하는 경우에 발생한다. 또 정전용량이 커지게 되면 부하 회로 개폐시에 오동작하기 쉬우므로 저압회로의 감전방지에 있어서는 될 수 있는 한 분기회로 각각에 누전차단기를 설치하는 것이 바람직하다.

(4) 서지(Surge)에 의한 것

배전선의 유도뢰(誘導雷)에 의한 서지에 대하여서는 KSC 4613에 따라 뇌임펄스 부동작 시험을 하므로 내서지 성능은 보증 되고 있다. 유도뢰 서지의 영향을 받으면 높은 전압이 전선로를 통하여 배전기에 가하여 진다. 이 경우 누전차단기의 전자회로가 오동작하여 트립 된다든지 전자부품이 파괴되어 동작 불능의 고장을 일으킬 수 있다. 인입구용 누전차단기 등에서는 이 영향을 받기 쉬우므로 주의하여야 한다.

유도뢰에 의한 서지의 크기와 빈도는 지역에 따라서 상당히 다르지만 통계적으로 5kV 이하가 대부분 이면 최고 6~7kV에 이르는 경우도 가끔 있다. LS 누전차단기는 이와 같은 서지에 충분히 대응 가능한 서지 흡수 소자를 전자 회로부에 사용하고 있으므로 오동작 염려가 없도록 하였다.

유도성의 부하기구를 개폐할 때에는 순간적으로 개폐서지가 발생하게 된다. 배전선이나 부하기구가 대지에 대하여 정전용량을 갖고 있으므로 이 대지 정전용량을 통하여 흐르는 누설전류는 개폐시에 순간적으로 증대하여 정격 부동작 전류치를 넘게 되면 누전차단기가 동작하게 된다.

전류는 정도의 차이는 있으나 대지에 대하여 정전용량을 가지게 되는데 각 상의 용량이 동일하게 되어 있으면 단상 3선 회로나 3상 Y결선 회로 등에서는 영상분 전류는 없게 되지만 접점의 채터링(Chattering) 등에 의하여 개폐서지가 발생하였을 경우 전압위상이 붕괴될 뿐만 아니라 고주파 전압으로 되므로 대지 정전용량에 의한 임피던스가 작게 되어 과대한 충전전류가 흐르게 된다.

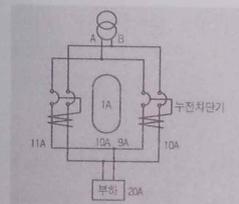
그 결과 ZCT의 2차 권선에 기전력이 발생하여 누전차단기를 동작시킬 수 있으므로 LS 누전차단기의 전자 회로부에는 서지전압에 의한 단시간의 ZCT 2차 출력에 대해서는 동작하지 않도록 ZCT 2차 측에 필터(Filter)회로를 구성함과 아울러 과전류나 과도 지락전류에 대하여 누전차단기 전용 IC보호를 위한 서지 바이패스(Surge Bypass) 회로가 구성되어 있으므로 통상의 일반적인 회로에 있어서 오동작의 염려는 없다.

(5) 순환전류에 의한 것

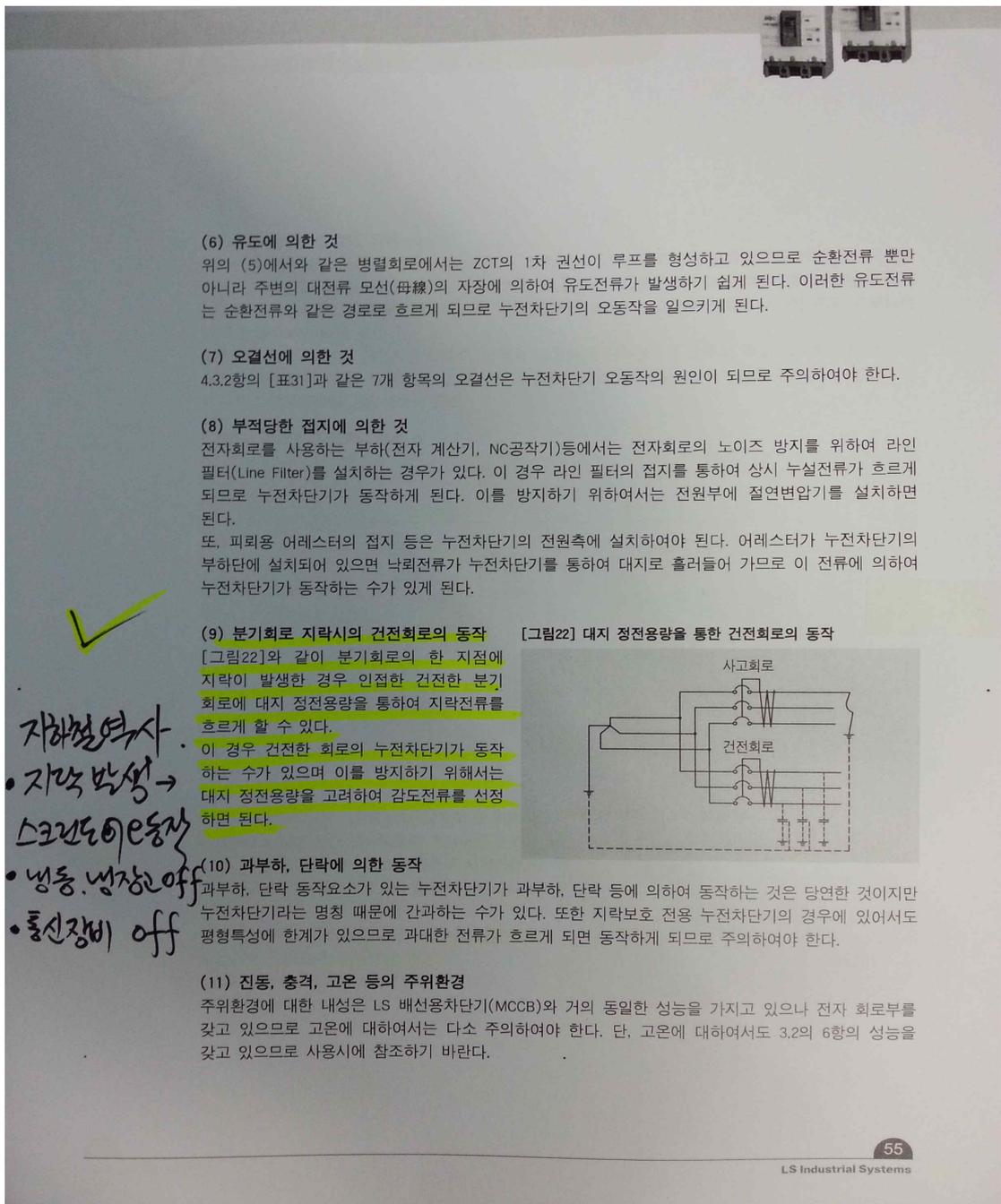
[그림21]과 같이 부하측이 병렬 결합된 회로에서는 좌우 분기 각 상분의 분류전류가 반드시 동일하게 된다고 할 수 없으며 예를 들어 A 상이 11A와 9A로 분류하여 흐른다고 하면 그 차에 해당하는 1A의 전류가 이 병렬회로의 루프(Loop)를 순환하는 것으로 되어진다.

이 순환전류는 누전차단기에 있어서 지락 전류로 검출되므로 이러한 누전차단기의 병렬사용은 절대로 금지하여야 한다.

[그림21] 병렬회로



○ 해설 : 누전차단기 오동작을 방지하기 위해서 내서지 전압을 20kV까지 증가시킬 이유는 없으며, 통신장비에 연결되어 있는 누전차단기도 서지전압에 의해서 트립되기 보다는 대지간 용량성 누설전류의 크기가 누전차단기를 트립시키게 된다. 6kV 정도로 서지를 막고 난 후에 용량성 누설전류에 강한 IGR 누전차단기를 이용하면 차단기 트립은 방지할 수 있다. 다만 통신장비를 서지로 부터 보호하기 위해서는 반드시 서지보호기(SPD)를 부착하여야만 한다.



(6) 유도에 의한 것

위의 (5)에서와 같은 병렬회로에서는 ZCT의 1차 권선이 루프를 형성하고 있으므로 순환전류 뿐만 아니라 주변의 대전류 모선(母線)의 자장에 의하여 유도전류가 발생하기 쉽게 된다. 이러한 유도전류는 순환전류와 같은 경로로 흐르게 되므로 누전차단기의 오동작을 일으키게 된다.

(7) 오결선에 의한 것

4.3.2항의 [표31]과 같은 7개 항목의 오결선은 누전차단기 오동작의 원인이 되므로 주의하여야 한다.

(8) 부적당한 접지에 의한 것

전자회로를 사용하는 부하(전자 계산기, NC공작기)등에서는 전자회로의 노이즈 방지를 위하여 라인 필터(Line Filter)를 설치하는 경우가 있다. 이 경우 라인 필터의 접지를 통하여 상시 누설전류가 흐르게 되므로 누전차단기가 동작하게 된다. 이를 방지하기 위하여서는 전원부에 절연변압기를 설치하면 된다.

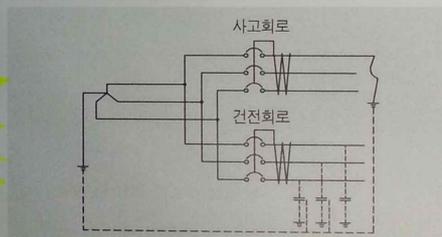
또, 피뢰용 어레스터의 접지 등은 누전차단기의 전원측에 설치하여야 된다. 어레스터가 누전차단기의 부하단에 설치되어 있으면 낙뢰전류가 누전차단기를 통하여 대지로 흘러들어 가므로 이 전류에 의하여 누전차단기가 동작하는 수가 있게 된다.

(9) 분기회로 지락시의 건전회로의 동작

[그림22] 대지 정전용량을 통한 건전회로의 동작

[그림22]와 같이 분기회로의 한 지점에 지락이 발생한 경우 인접한 건전한 분기 회로에 대지 정전용량을 통하여 지락전류를 흐르게 할 수 있다.

이 경우 건전한 회로의 누전차단기가 동작하는 수가 있으며 이를 방지하기 위해서는 대지 정전용량을 고려하여 감도전류를 선정하면 된다.



(10) 과부하, 단락에 의한 동작

과부하, 단락 동작요소가 있는 누전차단기가 과부하, 단락 등에 의하여 동작하는 것은 당연한 것이지만 누전차단기라는 명칭 때문에 간과하는 수가 있다. 또한 지락보호 전용 누전차단기의 경우에 있어서도 평형특성에 한계가 있으므로 과대한 전류가 흐르게 되면 동작하게 되므로 주의하여야 한다.

(11) 진동, 충격, 고온 등의 주위환경

주위환경에 대한 내성은 LS 배선용차단기(MCCB)와 거의 동일한 성능을 가지고 있으나 전자 회로부를 갖고 있으므로 고온에 대하여서는 다소 주의하여야 한다. 단, 고온에 대하여서도 3.2의 6항의 성능을 갖고 있으므로 사용시에 참조하기 바란다.

지하철역사  
 • 지막방생 →  
 스크린도어동작  
 • 냉동, 냉장고 off  
 • 통신장비 off

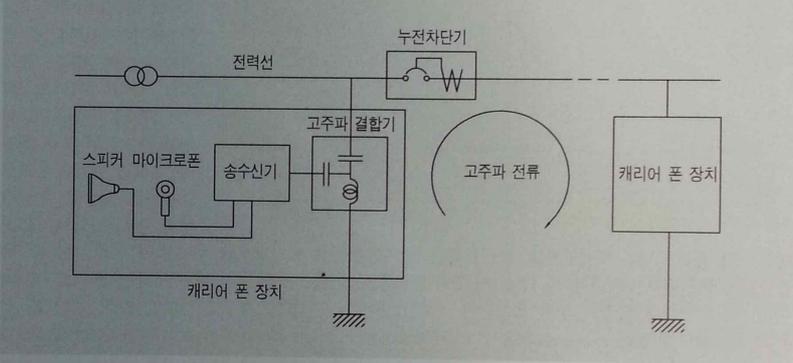
○ 해설 : 현재 지하철 역사내에서 일어나는 일들이 어느 분기회로에서 지락이 발생하면 스크린도어의 누전차단기가 떨어진다는지, 아니면 이동 통신장비등의 누전차단기가 떨어지는 일들이 생기고 있으며, 역사 내에 입주해 냉동, 냉장고 운영가게의 누전차단기가 떨어져서 피해를 당하는 일들이 가끔씩 발생하고 있는 이유이다. 해결책은 IGR 누전차단기를 사용해서 스크린도어는 해결하고 있으며, 중감도 누전차단기를 사용하면 해결이 가능하다.

# IV 선정과 적용

## (12) 캐리어 폰 장치에 의한 것

전력선을 이용하여 통화 가능한 캐리어 폰이 설치되어 있는 전로에 누전차단기를 취부하면 오동작하게 된다. [그림23]과 같이 캐리어 폰 장치는 고주파 신호(통상 50kHz~400kHz)를 전력선과 대지 사이에 강제적으로 인가하는 장치이므로 누전차단기로서는 이 고주파 신호를 지락전류로 검출하게 되어 오동작하게 되는 것이다.  
오동작할 것인지 안할 것인지는 고주파 신호의 크기와 누전차단기의 고주파 특성 및 정격감도전류의 크기에 좌우된다. 이를 방지하기 위해서는 고주파 신호의 크기를 상시 누설전류로 고려하여 누전차단기의 감도전류를 선정하여야 한다.

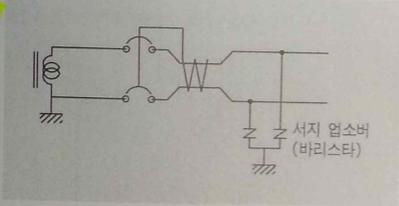
[그림23] 캐리어 폰 장치의 설치 예



## (13) 기타

전로나 부하기기를 서지로부터 보호하기 위하여 [그림24]와 같이 서지 흡수회로를 구성하는 경우가 있다. 이 경우 서지 흡수회로를 통하여 서지전류가 흐르게 되면 누전차단기는 당연히 동작하게 된다.  
이를 방지하기 위해서는 서지 흡수회로를 누전차단기의 전원측에 설치하면 된다.  
(서지 흡수버 : Surge Absorber,  
바리스타 : Varistor)

[그림24] 서지 흡수버 설치 예



○ 서지보호기의 설치위치는 반드시 누전차단기 전단, 인입부에 설치하여야 한다.

## 5. 고주파를 갖는 회로에의 적용

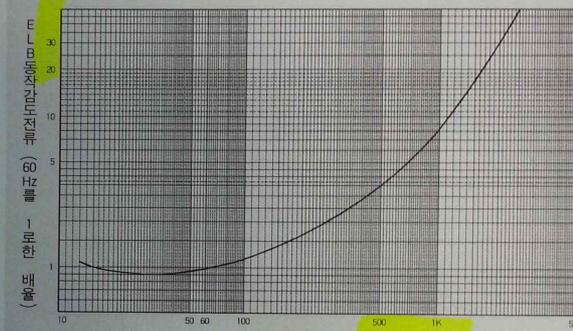
### 5.1 누전차단기의 주파수 특성

누전 전류의 주파수에 [그림25] 누전차단기의 주파수 특성

대응한 누전차단기의 동작특성은 [그림25]의 그래프와 같다.

이 그래프에서 60Hz 이상에서 누전차단기의 동작 감도가 둔해지는 것은 ZCT 2차측의 고주파 노이즈 방지용 필터회로의 특성에 의한 것이며 40Hz 이하의 특성은 ZCT 자체의 출력 특성에 의한 것이다. LS 누전차단기의 이러한 주파수 특성은 인체감전의 주파수 특성도 고려하고 있다. 인체가 감전된 경우

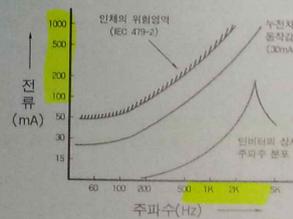
에 위험한 전류 한계치는 세계적으로 누전차단기의 동작특성을 결정하는데 널리 채용되고 있는 50mA·초가 일반적이거나 이 값은 50Hz, 60Hz의 상용주파수에 있어서의 값이다. 누전차단기의 동작특성을 결정하는 것에 있어서 고주파 영역까지 고려한 인체의 안전성에 관한 기준은 없었으나 IEC 479-2(Effects of current passing through the human body. Part2 : Special aspects)에서 주파수에 따른 인체감전의 위험한계에 대하여서도 명시하고 있다.



IEC 479-2에서 명시한 인체위험영역과 LS 누전차단기의 동작감도특성 및 일반적인 인버터의 상시 누설전류 분포를 주파수에 대응하여 나타내면 [그림26]과 같다.

[그림26]에서 알 수 있는 바와 같이 LS 누전차단기는 인버터 등의 고주파 상시누설 전류(대지 정전용량에 의한 것)에 의한 오동작의 방지와 함께 인체 감전사고에 대한 안전성을 동시에 꾀하고 있다. 전력계통에 있어서도 고주파 성분이 날로 증가되고 있는 현 시점에서 이는 대단히 중요한 특성이라고 할 수 있다.

[그림26] 누전차단기의 주파수 특성 결정 배경



○ 현재 인버터 후단과 UPS 후단에 설치되어 있는 PC용 또는 통신설비, 전산설비 용으로 누전차단기를 설치하지 못하는 장소에 IGR 누전차단기 또는 중감도 누전차단기를 설치하면 정상 운영할 수가 있다.

이에 대한 전기이론 중에서 용량성 누설전류 공식은  $I_{gc} = 2 * \pi * f(\text{고주파}) * C * V$  (순간대지전압 상승)이며, 고주파와 전압상승에 의해서 누설전류가 증가하여 누전차단기를 떨어뜨리게 한다.

문의 : 재신정보 ([www.jsdata.co.kr](http://www.jsdata.co.kr) / 02-3472-7874)  
조 현선이사, 허 성백 상무, 한 정규 대표