

기술논단

高感度 E. L. B. 保護方式의 再照明(1)

이 승 원 공학박사

(현재)서울대학교 명예교수
표준회의 심의위원
안기용품 안전 심의위원
IEC 한국위원회 위원
대한민국 학술원 회원
대한전기협회 부회장

1. 서 론

우리나라는 2차 배전 전압을 220V로 승압한 바 있는데 이에 수반하여 그 보호방식을 감전 보호에 두고 고감도누전차단기에 의한 지락보호방식으로 바꾼 바 있다. 이에 따른 후속조치로 실내배선방식, 배선 기구, 사용기기의 안전규격등이 고감도 누전 차단기 보호방식과 정합을 이룩하도록 개선 또는 보완 되어야 하는데 이를 검토함에 있어 고감도 누전차단기의 특성과 기능을 재검할 필요가 있다고 생각되어 감전시 인체의 안전한계, 실내배선보호방식, 주요외국의 지락보호방식, 우리나라가 고감도 ELB 보호방식을 채택한 이유와 그 신뢰성 등을 재조명해 보는 것이 필요하다고 생각되어 다음과 같이 본인이 과거에 연구조사한 결과를 토대로 하여 설명해 보고자 하는 바이다.

2. 안전한계기준

보안대책의 타당성 검토 또는 보안설계를 위해서는 먼저 안전한계기준이 설정되어야 하므로 여기서는 기준으로서 인체통과전류의 안전한계와 또 이것과 인체저항에 의하여 구해지는 허용접촉전압

을 사용하였으며 이들 기준은 다시 통전지속시간에 따라 단시간영역과 장시간영역으로 나누어 생각하기로 한다.

2-1 허용인체유통전류

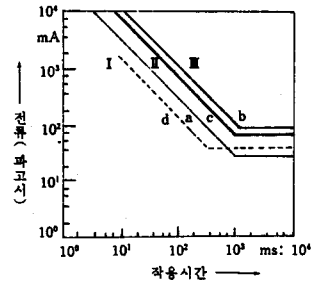
인체통과전류의 안전한계에 있어서 단시간영역의 것으로는 Dalziel의 한계선 $I = \frac{116}{\sqrt{T}}$ (mA) 및 Koeppen의 한계선 50(mA·sec)와 이에 안전율 1.67을 고려한 30(mA·sec) 등의 여러가지 설이 있고 장시간영역의 것으로는 안전한계로서 25~35 (mA)로 보고 있다.

(그림 1)은 Koeppen과 Osypka가 발표한 전류시간속과 전격의 영향에 관한 것이며 【표 1】은 독일에서 사용하고 있는 장시간영역의 전류-전격의 영향에 관한 통계이다.

우리나라에서는 단시간영역의 것에 대하여 (허용전류·시간속)으로서 많은 검토와 검토과정을 거쳐 30(mA·sec)로 규정하고 있으므로 여기서는 이것을 기준으로 사용하였으며 또 장시간영역의 것에 대하여서는 우리의 신체적조건이 유사한 일본의 400V400배전방식 전문위원회가 사용하고 있는 한계치와 우리나라의 허용전류, 시간속을 감안하여 안전한계전류를 【표 2】와 같이 사용하였다.

【표 1】 전류-전격의 영향

| 전류범위 | 전격의 영향 |
|---------|---------------|
| 2.5mA이하 | 심장기능에 영향이 없다. |
| 25~35mA | 생명위험 한계 |
| 35~80mA | 심장세동, 사망가능성 |
| 80mA이상 | 심장세동, 한계사망 즉 |



〈그림 1〉 전류집과 전격의 영향

| 전류범위 | 생리작용 | 전류실효치 |
|------|-------------------------------------|-------------|
| I | 전류의 지각 개시 (심장의 운동이나 자극에 영향은 없다) | 약 25 (mA) |
| II | 혈압 상승 심장 고동의 불규칙 실신(50(mA)초과) | 25~80 (mA) |
| III | 실신 심장세동 | 80~3000(mA) |

전류 범위와 생리작용

- 註 a : $Q = I_m \cdot T = 30(\text{mA} \cdot \text{S})$ 전류영역 I 과 II의 경계
- b : $Q = I_m \cdot T = 100(\text{mA} \cdot \text{S})$ 전류영역 II와 III의 경계
- c : $Q = I_m \cdot T = 70(\text{mA} \cdot \text{S})$ 위험전류 시간적
- d : $Q = I_m \cdot T = 10(\text{mA} \cdot \text{S})$ 허용한계점
- Q : 허용전류적

【표 2】 접촉상태와 안전한계전류/접촉전압

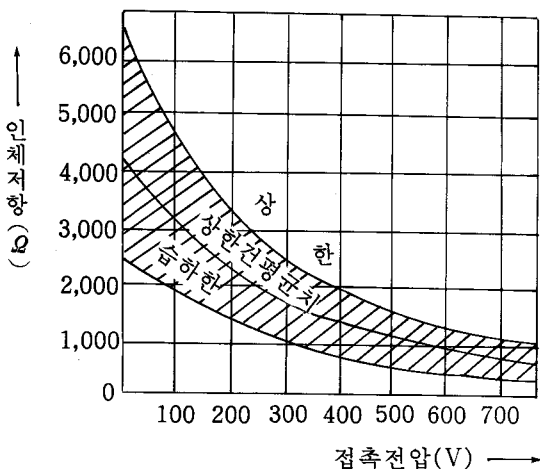
| 접촉상태 | 안전한계전류 | 안전한계접촉전압 | 인체저항 |
|--|--------|----------|-------|
| 제1종 : 인체의 대부분이 수중에 있는 상태 | 5mA이하 | 25V이하 | 500Ω |
| 제2종 : • 인체가 많이 젖어 있는 상태 • 인체의 일부가 전기기기외함에 당시 접촉되어 있는 상태 | 30mA이하 | 25V 이하 | 500Ω |
| 제3종 : 제 1, 2종 이외의 경우로 환경과 인체가 건조한 상태 | 30mA이하 | 50V이하 | 1700Ω |

2-2 허용접촉전압

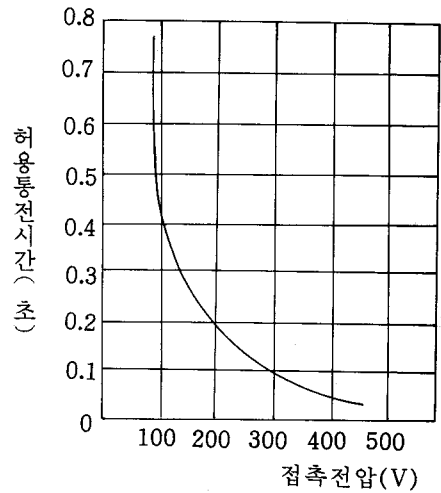
접촉전압의 허용치는 인체의 최저한계치와 인체통과전류에 의하여 결정된다. 따라서 인체저항만 알면 앞에서 취한 허용인체통과전류에 의하여 정할 수 있다. 그런데 인체저항에 대하여는 Friebeger가 접촉전압에 따라 <그림 2>와 같이 변한다고 발표하였는데 이것은 세계적으로 인정되고 있는 자료로서 이용되고 있다. 그림에서 인체저항은 건의 과정에 따라 큰 폭으로 다르며 또 인체의 통과전류가 커지면 저항치는 적어짐을 보인다.

허용접속전압도 허용통과전류의 경우와 같이 단시간영역의 것과 장시간영역의 것으로 나누어 생각할 수 있는데 단시간영역의 것은 <그림 3>과 같이 허용접속전압은 통과시간이 짧을수록 커진다.

<그림 3>은 통상의 장소, 통상의 상태 단, 3종 접속상태에서 Friebeger의 인체저항 곡선과 허용전류·시간치 30[mA.sec]의 조건에 의하여 구한 것이다. 이러한 허용전압 관계곡선은 보안용 차단기의 차단 시간정도에 따른 중성선의 최고허용전위상계의 검토에 기준자료로서 이용된다.



<그림 2> 접촉전압과 인체저항과의 관계



<그림 3> 접촉전압과 허용통과전시간의 관계

그리고 장시간영역의 안전 한계접속전압은 [표 2]와 같이 접속상태에 따라 값을 달리하여 취하였다. 이것은 보안용 차단기가 동작하지 않는 회로조건이나 또는 보호접지방식에서 전기기기의 접촉의 안전여부에 관한 검토의 기준자료로서 이용된다.

그리고 통상의 접속상태 및 3종접속 상태에서의 안전 한계 접촉 전압은 대략 50V(40-65V)내외로서 각국마다 다소 다르다.(참조 3-3의 [표6]) 만약 그것을 50V로 하면 그림 2의 인체저항곡선의 하한에서 인체저항을 구하면 약 1,700Ω으로 되고 이때의 통상전류는 30mA가 흐르게 된다.

본 연구에서는 이상과 같은 허용인체통과전류와 허용접속전압을 안전한계기준으로 하여 보안대책을 검토하게 된다.

3. 실내배선지락 보호실태

배선전압승압에 따라 우리나라에 적합한 보호방식을 채택함에 있어서 여러 외국의 보호방식 일반에 대한 안전성과 경제성을 검토할 필요가 있으므로 여기서는 그것에 대하여 검토해 보기로 한다.

3-1. 지락보호방식의 종류

실내배선의 지락보호를 위해서는 배전선로를 포함한 전력통합설비의 고장이 미치는 영향, 배전방식, 배전전압의 크기, 지락 현상, 시설장소, 부하 기기의 구조등의 조건에 따라 보호대책을 세워야 하는데 일반적으로 행하고 있는 지락보호 방식은 【표 3】과 같다.

3-2. 각종 지락보호 방식의 비교

1) 보호접지방식

보호접지선에 의하여 부하 기기를 접지하면 되므로 보호방법이 극히 간단한 이점이 있는 반면에 ①인체의 직접 접촉이 보호되지 않으며 ②제2종 접지 저항에 응하여 【표 4】와 같이 접지저항을 낮게 하여야 하는 단점이 있다.

【표 4】 보호접지방식의 제3종 접지저항

| 접촉상태 | 안전접촉전압 | 제3종접지저항 R_3 |
|------|--------|-----------------------------|
| 제1종 | 25V | $R_3 \leq \frac{1}{95} R_2$ |
| 제2종 | 25 V | $R_3 \leq \frac{1}{95} R_2$ |
| 제3종 | 50 V | $R_3 \leq \frac{1}{95} R_2$ |

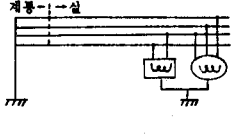
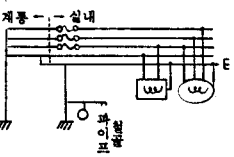
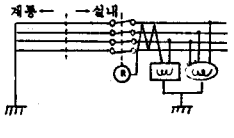
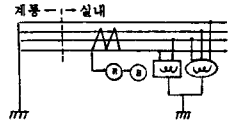
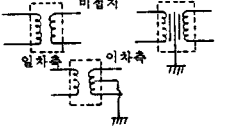
단, R_2 : 제2종 접촉저항

【표 5】 누전차단 방식의 접지저항

| 접촉상태와 허용 접촉 전압 (ΔV) | | 1종 (25V) | 2종 (25V) | 3종 (50V) |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|----------------|
| 조 건 | 인 체 통 과 $I_M R_M$ | 500 Ω | 500 Ω | 1,700 Ω |
| | 인체통과전류 $I_M = \Delta V / R_M$ | 5mA | 30mA | 30mA |
| 누 전 차 단 기 | 정격 | 30mA | 100 Ω | ∞ |
| | 감도 | 50mA | 56 Ω | 750 Ω |
| | 감도 | 100mA | 27 Ω | 215 Ω |
| | 전류 | 200mA | 13 Ω | 89 Ω |
| | 전류 | 300mA | 9 Ω | 56 Ω |
| | 전류 | 500mA | 5 Ω | 32 Ω |

접지저항의 최대치

【표 3】 각종보호방식의 분류

| | 개 요 도 | 설 명 |
|-----------|--|---|
| 보호 접지 방식 |  | 기기외함을 충분히 낮은 저항으로 접지하고, 지락시에 기기외함에 위험전압이 발생하지 않도록 하는 방법 |
| 과전류 차단 방식 |  | 지락전류를 과전류 보호기로 차단함과 동시에, 기기외함과 다른 로출금속부를 동일전위로 하는 방법 |
| 누전 차단 방식 |  | 지락전류 또는 기기외함의 대지전위를 검출하여 차단하는 방법 고감도(30mA)누전차단기사용등 23종 접촉의 경우 접지 불필요 |
| 누전 경보 |  | 경미한 지락은 차단하지 않고 경보에 의해 이상을 검출하고, 다른 것은 차단하는 방식을 조합하여 사용하는 방식 |
| 소전압법 |  | 변압기를 매개로, 지락이 발생하더라도 위험하지 않는 정도의 전위로 변성하여 사용하거나, 2차측을 비접지하여 사용하는 방법 |

2) 누전차단 방식

감전방지뿐만 아니라 누전으로 인한 화재까지 방지되며 고감도, 고속형 누전차단기를 사용하면 직접접촉도 보호되는 장점이 있는 반면에 감도전류가 너무 예민하면 정상누전전류에 의해서도 동작하는 단점이 있다.

이 경우의 접지저항(제3종 접지저항)의 최대치는 (표 5)와 같다.

이 표에서도 볼 수 있는 바와 같이 고감도(30mA)의 경우는 2, 3종접촉의 경우 접지를 필요로 하지 않음을 알 수 있다. 단, 고감도 누전차단기(30mA)를 설치할 경우 접지를 하지 않고도 보호가 됨을 알 수 있다.

3) 과전류차단방식

① 과전류보호기를 활용하는 것으로 설비가 간단하고 보호장치비용이 저렴하며

② 기기와 양지락의 경우에 보호가 확실한 장점이 있는 반면에 다음과 같은 단점이 있다.

즉, ①인체의 직접 접촉이 보호되지 않으며 ② 중성선단선 및 중성선과 전압선의 교섭접속에 의한 위험을 방지하기 위하여 【표 3】에서와 같이 5종배선을 하여야 하며 ③휴-즈의 최소용단전류보다 적은 지락전류는 보호되지 않기 때문에 수도관 등의 금속구조물에 접지선을 접속하여 기기 외양과 노출금속부를 등전위로 함으로서 고저항 지락까지 포함하여 전격을 방지해야 하며 ④각 부하기기는 접지선이 공용되기 때문에 한치의 부하기기에 고장이 발생하는 경우에 다른 기기에도 이상전압이 발생하므로 각 전용가가 같은 보호방식을 적용할 필요가 있고 ⑤접지선에도 선간단락에 준하는 큰 지락전류가 흐르므로 지락전류에 의해서 가열되지 않도록 굵은 접지선을 사용하여야 하며 ⑥대전류전로에는 아크저항의 개재로 인한 지락전류의 제한으로 관전류보호기의 동작이 불확실할 경우가 있으므로 지락보호의 병용이 필요한 점 등의 단점이 있다.

3-3. 주요외국의 저압배전방식과 지락보호

현재 대지전압이 200V를 초과하는 2차배전방식을 채택하고 있는 나라중 지락 보호를 위하여, 영국과 독일은 과전류보호방식을 채택하고 있으며 불란서는 누전차단방식을 주체로하고 있다.

주요외국의 저압배전방식의 실태는 【표6】과 같다.

이 표에서 보는바와 같이 구주각국의 1차배전선로는 우리나라 방식과는 달리 단일전지 또는 비접지식이 대부분이며 주상변압기를 경계로 해서 2차배전선로와 전기적으로 분리되어 있음을 알 수 있다.

일반적으로 과전류보호기에 의한 보호방식을 주체로 하고있는 경우에는 편리장소의 노출금속부를 인출구에서 중성선과 접촉을 시키고 또 부하기기의 금속외 사용장소의 노출금속체와 접촉시켜 누전시 인체에 대한 영향을 방지하면서 지락전류를 과전류보호기로 차단한다. 한편 과전류보호기가 동작할 수 없는 회로조건의 경우나 실내 콘센트 등의 특정 회로에는 누전차단기를 변용하며 또 하반기기는 접지할 수 없는 관계상 꼭 2종접속으로 동등의 안전성을 기하고 있다. 이 경우 물론 전기한 바와같이 인체의 직접접촉은 보호가 되지 않는다.

그리고 누전차단기에 의한 보호방식을 보호의 주체로 하고 있는 불란서에서는 접지배선을 중성선과 분리하여 기기외양과 주도의 노출금속부에 접촉하여 저감도누전차단기(500mA, 0.2sec)에 의하여 누전전류를 차단하는 방법을 택하고 있지만 건조한 실내에서는 콘센트회로에 접지극을 두지 않고 하반기기의 절연강화와 사용장소의 부족저항에 기대하는 방법을 변용하고 있다. 이는 중감도누전 전압기를 사용하고 있기 때문이며 고감도, 고속누전 차단기 사용의 경우와는 다름에 유의해야 한다.