

昇壓에 따르는 安全管理問題

※ 本稿는 當學會 主催로 實施한 昇壓에 따르는 安全管理問題에 對한 第2次 座談會(1973. 2. 8)에서 主題 發表한 內容을 간추린 것이다. <편집자>

電氣災害의 保護對策

高 明 三(서울工大)

<서 론>

오늘날 電氣電子機器의 보급과 그 利用率은 곧 한나라의 經濟水準을 평가할 수 있는 尺度가 된다. 최근 우리의 전력수요는 급격히 增加一路에 있고 특히 농어촌 電化事業의 推進은 전력 수요를 더욱 가속 시킬 것이다. 전력 수요의 팽창은 生活水準의 向上을 의미하는 反面 電氣災害를 초래할 수 있는 기회를 증가시킨다. 최근 日本에서는 종래의 電氣工作物規程을 폐지하고, 새로운 保安體制에 입각한 電氣設備技術基準(第1章 總則~第6章 電氣鐵道 및 附則으로 總284條임)을 1965年 6月 15일에 制定公布하였고, 그후 1968年 및 1972年의 2회에 거쳐 이를 改定함으로써 技術革新과 社會情勢에 대응반영시켰다. 특히 이번(1972年)改定에는 電線, 接地工事, 電路 및 電氣使用場所分野에서 感電防止 및 低壓電路의 地絡保護(41조)의 觀點에서 대폭수정하였고, 屋內配線의 경제성을 고려하여 白熱電燈등 특수 가정용 전기기기의 설치시 별도 工事方法의 도입으로 對地電壓을 150V에서 300V까지 높인點이 그 특징이다.

本人은 電氣災害의 觀點에서 본 漏電, 感電 및 이의 對策에 대하여 현재까지 알려진 대책을 설명한 후, 우리의 配電系統에서 생각할수있는 문제점 몇가지를 제시 하려고 한다.

<본 론>

최근 수년간 日本에서의 電氣災害의 狀況은 每年 약 1600~1700人이 感電死傷災害를 내고 있고, 이중에서 약 30%가 低壓電氣設備의 機器 및 配電路등에서 발생하고 있음이 밝혀졌고¹⁾, 66년부터 70년 까지의 5개년

표 1. 火災發生件數

年度	件數	全火災件數	電氣火災件數	百分率%
1966		7805	1413	18
1967		8,286	1,373	16
1968		8,280	1,374	17
1969		8,460	1,400	17
1970		9,696	1,425	15

간 東京에서 발생한 火災통계는 표 1과같다²⁾.

즉 電氣火災는 全火災件數의 약 16%를 차지함을 알 수 있다. 한편 1970년도 東京의 電氣火災件數 1425件을 각 發熱體別로 分類한것이 표 2이다.

표 2. 電氣火災件數分類

	發火源	件數	備 考
1	移動式의 電熱器	436	전기콘로, 아이론, 헤어드라이, 전기스토브 등
2	固定式 電熱器	30	電氣爐, 電氣乾燥器, 恒溫器 등
3	電氣機器	224	라디오, TV, 電燈, neon燈 room cooler 등
4	電氣장치	107	變壓器, 차단기, 전동기, 콘덴서 등
5	電燈, 電話 등의 配線	289	送配電線, 引込線, code, 교통기관배선 등
6	配線器具	273	개폐기, 콘센트, cutout switch 등
7	漏 電	52	地絡現象포함
8	靜 電 스파이크	14	인쇄기, 流動液體, 粉體, 고무 引機등의 靜電氣 spark

한편 우리나라의 電氣災害에 관한 통계는 구하지 못하였으나, 우리는 신문지상을 통하여 수시로 感電死傷으로 인한 소송, 또는 漏電으로 인한 火災사건들이 우리들의 주변에서 자주 발생함을 알고 있다. 따라서 電氣災害에 관한 문제는 심중히 다루어져야 할 과제의 하나이다.

定義1: 漏電火災란 電流가 電流路로서 설계된 回路에서 누설되어 建物, 附帶設備 또는 工作物의 一部를 發熱시켜, 이것이 原因이 되어 발생하는 火災이며, 그 火災誘因으로는

- (1) 電氣器具의 破損
- (2) 建物의 一部破損
- (3) 不良電氣 및 建築工事
- (4) 氣象의 영향

등을 들수있고 危險 電流値는 보통 200mA~500mA로 보고 있다.

定義2: 感電現象은 人體에 흐르는 電流 i 와 전류가 흐르는 時間 t 와의 相乘積 it 의 値에 따라 분류 표시 한다.

Dalziel³⁾은 感電電流를 感知電流(perception current), 不隨意電流(reaction current), 離脫電流(let-go current) 및 致死電流(fibrillating current)의 여러가지 단계로 분류 致死電流의 경우에 限해서만 動物(犬, 羊 등)을 그 시험대상으로, 기타 범위에 속하는 感電電流의 範圍決定에는 직접 사람을 시험대상으로 이용한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 人體의 저항은 商用周波數범위에서는 抵抗性을 나타내지만 1000Hz이상에서는 細胞조직때문에 非線形的인 impedance 특성을 갖게 되고 日常生活에서 또는 作業 現場感電사고 시의 사람의 접촉상태(땀, 습기, 곰포 등)를 감안하여 感電시의 人體의 抵抗은 최저 500Ω 최고 1000Ω를 취함

(2) 感知電流는 正規分布이고 平均値는 男子인 경우 약 1.1mA, 女子인 경우 0.7mA(男子의 2/3)가 되고, 주파수의 증가와 더불어 感知電流의 値는 증가한다. (5000Hz 시는 60Hz시의 약 6배 強)

(3) 不隨意電流(본의 아닌 행위를 하게하는 電流)의 범위는 感知電流범위의 內外에 속하며 주로 가정용 전기기구를 사용시 사용자(가정주부)가 본의 아니게 전기기구를 떨어뜨리게 된다. ANSI(1970년 11月)에서는 單相性 portable 가정전기 기구의 최대 허용 누설電流로서 0.5mA, air condition인 경우에는 0.75mA를 결정함.

(4) 離脫電流의 分布역시 正規分布이고. 平均値는 16mA(男子), 10.5mA(女子)이고 주파수 증가와 더불어 그 크기는 증가한다(5000Hz 시는 60Hz시의 약 3배)

(5) 致死電流는 $\frac{116}{\sqrt{t}}$ mA 이상의 경우이며, 體重의 증가와 더불어 비례적으로 증가하는 경향이 있다.

安全對策으로는 isolation, guarding, insulation, double insulation, grownding, shock limitation, isolation transformer 등의 方法이 있다. 최근 日本에서 改定된 技術基準에 의하면 許容接觸電壓을 표3과 같이 漏電차단기(日本 30mA 以下, 동작시간 0.1秒 以下 구라파(ELCB) 25~30mA; 캐나다표준국 5mA 以下

표 3. 許容接觸電壓

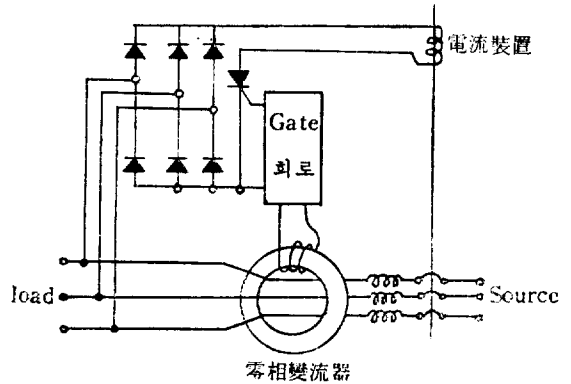
性別	接觸 상태	許容接觸電壓
第 1 種	人體의 大部分이 水中에 있는 상태	2.5V 以下
第 2 種	人體가 매우 젖은 상태 금속체의 장치에 항상 人體가 닿는 경우	25V 以下
第 3 種	第1, 2種以外인 경우로서 보통의 人體상태에서 接觸電壓이 加해지면 危險性이 높아지는 경우	50V 以下

표 4. 漏電차단기의 설치 장소

電氣기계기구 의 시설장소	사용電壓	100V 回路	200V 回路	400V 回路
	물기가 있는곳	○	○	○
습기가 있는곳	×	○	○	
전조한곳	×	×	○	
사람이 접촉할 염려가 없는곳	×	×	○	
사람이 접촉할 염려가 있는곳	○	○	○	

에서 trip, 미국(Dalziel) 18mA 以下)를 표4와 같이 각각 설치하게 하였다.

트랜지스터화 누전 차단기의 구조는 다음 그림과 같다.



<문제점>

- (1) 電氣災害의 통계와 分析
- (2) 低壓電路地絡保護協調
- (3) 漏電차단기 설치로 인한 接地工事的 完化(500Ω까지) 혹은 省略(15mA 以下 0.1초)
- (4) 電氣工作物規程의 再檢討를 위한 위원회 구성
- (5) 동양인의 感電電流의 범위 결정
- (6) 漏電차단기 또는 절연변압기 설치
- (7) 도시 배전망의 승압

<참고문헌>

1. 電氣工事 1972. 9月 p.29.
2. 電氣工事 1971. 10月 p.16.
3. C.F. Dalziel; "Electric Shock Hazard", IEEE Spectrum, pp.41~50, Feb. 1972
4. C.F. Dalziel, "Transistorized Ground Fault Interrupter Reduces Shock Hazard," IEEE Spectrum, pp.55~62, Jan. 1970

220V配電에 對한 提案對策과 그 經濟性

朴 永 文(서울工大)

1. 緒 論

現行 100V 配電을 220V 配電으로 昇壓함과 同時에 그 系統構成도 3相 3線式, 單相 2線式 또는 單相 3線式을 一次와의 共通中性線 3相 4線式으로 變更하는 問題와 關聯해서 특히 關心의 焦點이 되고 있는 點은 配電 系統과 屋內配線및 家庭電氣用品에 對한 合理的 保安對策의 樹立과 그 運用에 手반되는 法規的 支援이다.

第1次 Seminar에서 本人이 指適한 바와같이 現行 100V 配電 系統에 있어서는 人體의 抵抗이 1000Ω以上인 사람은 비록 光電部에 接觸하더라도 感電死의 위험은 모면할 수 있으나, 實際로 人體의 抵抗은 大略 600Ω에서 2000Ω까지 分布되어 있을 뿐만 아니라, 우리나라의 家屋構造의 特異性(온돌 및 맨발)으로 말미암아 마루 또는 방바닥과 大地 사이의 等價直列抵抗이 다른 나라에 비하여 매우 적으므로 大地電位 220V에서는 感電致死率이 높다는 定性的인 判斷이 내려지고, 本人이 提示한 確率統計의 1考察에 依하면 現行 100V보다 새로운 220V에서는 感電致死率이 約 4배에서 16배까지의 범위로 현저히 增加되고 있어, 구라과方式의 220V 系統이 美國系의 大地電位 150V 以下系統보다 保安對策이 철저한 理由를 再認識하게 되었다.

따라서 우리나라에서 새로이 採用되는 220V 配電 系統에 있어서도 現行 100V 配電 系統의 保安方式을 그 대로 延長 強化한 것이 아니라, 全く 새로운 角度에서 保安方式을 樹立하여야 할 時點에 이르렀다고 判斷된다.

2. 對地電位 150V 以下の 保安方式

現行 100V 配電 系統의 保安方式은 主로 2種으로 要約되는 바, 그중 하나는 柱上變壓器의 2次側 中性點 또는 1線에 第2種接지를 行함으로써 어떠한 系統故障時에도 低壓線의 對地電位를 150V以下로 維持하기 위한 措處이고, 또 하나는 人體의 接觸이 예상되는 電氣器具의 外被에 第3種接지를 行함으로써 사람의 感電危險을 保護하는 措處이다. 그리고 이와 같은 措處는 美國, 日本, 우리나라等 對地電位 150V以下の 配電電位를 採用하는 나라에서는 法的 規程으로 強行되고 있다.

家庭用電氣機器 및 屋內配線器具에 對하여도 適切한

保安規程이 立法化되고 있다. 그러나, 前述한 바와 같이 200V級에 比하여 感電의 위험성이 적으므로 機器의 絕緣이 弱하고, 機器絕緣의 接地에 關한 嚴格한 規制가 되고 있지 아니한 것이 特徵이라 하겠다.

3. 對地電位 200V級の 保安方式

구라과系의 220V 配電 系統 및 여기에 使用하는 屋內配線器具 및 家庭用電氣機器에 對한 保安規程은 對地電位 150V以下の 그것과는 比較가 되지 아니할 程度로 嚴格철저할 뿐 만 아니라, 그 保安方式은 原理上으로 後者의 그것과는 相異하다.

그 두드러진 特徵만을 指適하자면 다음과 같다.

配電 系統에 있어서는, 第2種接지의 merits를 認定하지 아니하는 代身, 感電時 人體에 걸리는 電壓 即 接觸電壓의 上限值를 嚴格하게 規定하여, 光電部에 接觸할 경우, 이 上限值를 초과하지 아니하도록 配電 系統이 構成되어야 한다. (물론 特別한 例外의 완화규정이 明文化되고 있다). 이 接觸抵抗의 上限值는 나라마다 조금씩은 다르나 大略 24V에서 65V까지의 範圍이다. 이를 保障하기 위한 代表的인 方式은 Nullung法으로 通稱되고 있으며, 이를 施行하기 위하여는 對地電位 150V以下에서 施行하는 第2種 및 第3種接地보다 훨씬 낮은 接地抵抗值로 여러箇所に 接地工事를 施行하여야 하며, 그 規程이 매우 까다로운 反面, 保安의 見地에서는 매우 바람직한 關係로, 구라과 全域에서는 거의 이 방식에 依存하여 왔다하여도 過言은 아니다. (나라마다 多少修正은 되고 있으나) 다만 經驗的 事實을 尊重하는 英國에 있어서는, Nullung法이 學理的으로는 타당성이 充分하나, 너무 嚴格한 缺點이 있고, 多額의 接地費用을 必要로 하므로 이를 完화된 PME(Protective Multiple Earthing)法을 採用하여 왔다. 그러나 그 基本精神에 있어서는 Nullung法과 거의 一致하고 있음은 두말할 나위가 없다.

近年에 爲서는 earth leakage breaker의 出現과 그 技術의 進歩가 현저하고, 한편으로는 plastic pipe의 普及으로 말미암아 低抵抗接地值를 얻기가 어렵게 된 관계로 保安效果에 있어서나 經濟的觀點으로 보아 earth leakage breaker가 Nullung法에 점차적으로 代替되고 있으며, 특히 불란서, 西獨에서는 加速적으로 earth leakage breaker가 보급되고 있는 實情이다.

配線器具와 家庭電氣機器에 있어서의 두드러진 特徵으로서의 첫째로 對地電位 150V以下에 比하여 絕緣補強과 絕緣耐力이 철저하고, 둘째로 接地에 對한 規程이 엄격하고, 셋째로 콘센트, 스위치, 接續部 등의 人

體接觸 또는 操作時 充電部의 接觸機會를 完全히 封鎖하도록 配線器具 및 電氣機器가 전혀 다른 設計仕方式로 設計되어 있다는 點이다.

4. 우리나라 220V配電에 對한 保安對策과 經濟性

우리나라의 220V 配電系統 및 그 電氣機器에 對한 保安對策을 檢討하기 위하여는 保安의 立場에서 본 最低基準의 設定과 이를 뒷받침하는 經濟的 與件의 充足의 兩面을 同時에 勘案하여야 할 것이다. 그리고 이에 附隨하여 關과하여서는 아니될 點은 우리나라에 局限한 特異한 要件도 考慮하여야 한다는 點이다.

우선 우리나라의 220V 配電에 關聯한 特殊點을 들건데, 구라과의 220V의 中性線 또는 接地線에는 高低壓 혼축 또는 1線接地時 그 電位上昇의 上限值가 200V 內外이나 우리나라에서는 2000V 內外가 된다는 不利한 點과 우리나라의 住居生活이 主로 溫突에 依存하는 關係로 방파닥과 大地사이의 抵抗이 구라과의 그것에 비하여 월등히 낮다는 不利한 點을 지니고 있다는 두 點을 關과하여서는 아니된다. 그리고 또하나의 不利한 點은 우리나라에서는 水道管이나 가스管에 對한 接地가 許容되고 있지 아니하다는 점이다. 이와 같은 點과 前述한 第 2 및 3節의 保安實例을 감안한 本人의 所見을 피력한다면 다음과 같다.

1) 220V 系統에서는 150V以下系統에서 생각하는 第 2種接地 및 第3種接地工事만에 依存하는 保安方式로는 不充分하므로, Nullung 法, PME 法, Leakage breaker 法의 테두리에서 우리나라의 實情에 알맞는 새로운 保安對策을 강구할 必要가 있다.

2) 地域的으로 低抵抗接地值를 經濟的으로 얻을 수 있는 곳에서는 低壓側의 多重接地法에 의하여 接觸電壓을 適當한 값(例를 들면 45V)으로 維持하도록 하고 그 밖의 곳에는 Leakage breaker 法에 依하여 保安對策을 강구하여야 한다.

3) 1次配電電壓 22.9kV와 共通中性線으로 연결된 220V 配電系統에서는 高低壓混觸에 依한 低壓中性線의 2000V 內外의 電位上昇은 不可避하므로, CCITT에 서 권고하는 바와 같은 高安定電力線의 要件인 故障除去時間 大部分 0.2초 以內 어떠한 場合에도 0.5초를 초과하지 못하도록 하는 1次配電系統의 系統設計 및 運用을 위한 法的 및 實質的 조치가 保障하여야 한다.

4) 屋內配線器具는 구라파式이나 이와 유사한 構造로 完全變更하고, 現在의 KS 規格도 이에 맞추어 再檢討하여야 한다.

5) 現行電氣工作物規程을 비롯한 電氣法規도 昇壓의

實現以前에 早速히 改正하여야 하며, 改正時에는 保安에 關係되는 條項에 關한 限 對地電位 150V 以下를 기본바탕으로 한 日本의 法規를 모방할 것이 아니라, 西獨의 VDE等을 充分히 參酌하여 220V 配電系統에 合當하고, 우리나라의 實情에 맞는 規定을 制定插入할 必要가 있다.

6) 以上 提示된 保安對策을 實現하기 위하여는 現行 100V의 경우보다 經濟的 負擔이 增大할 것은 勿論이다. 따라서 이에 對한 補償策으로서는 多角度의 研究가 必要하겠으나 earth leakage breaker의 設置에 따른 費用은 특히 農漁村의 새마을 電化事業에 큰 負擔이 될것이 豫想된다. 이에 關聯된 筆者의 所見으로는 現在 農漁村의 家家戶口에 設置되는 積算電力計의 경제적 設置問題도 最近 研究對象이 되고 있으므로, 此際에 數戶 乃至 數10戶를 1集團으로 묶어서 每集團에 1個의 積算電力計와 1個의 earth leakage breaker를 設置하는 問題도 充分히 研究의 對象이 되지않을까 생각된다.

220/380V昇壓系統에 對한 轉電側安全措置의 分析

丁 性 桂(서울工大)

接觸으로 인하여 感電이 될 수 있는 屋內電氣施設 및 機械器具의 對象은

1. 屋內電線
2. 屋內各種開閉器具
3. 屋內使用電氣器具

이며, 人體가 接觸될 수 있는 部分은

1. 電壓線 및 그 充電部
2. 充電부와 絕緣된 金屬體
3. 充電부의 絕緣體
4. 接地線 및 接地線에 連結된 金屬體

등이라고 볼 수 있다. 또 感電될 수 있는 電氣回路의 狀態上으로 보면

1. 定常狀態(定常電壓)
2. 過渡狀態(異常電壓)

의 두가지 狀態를 생각할 수 있다.

1. 定常狀態

現 110V 屋內配電系統에서는 高低壓混觸時 接地線의 對地電位가 150V 以下로 되도록 接地가 되어 있다. 이것은 接地線의 電位가 150V以下이면 人體에 安全하다는 것을 暗示해 주는 것이며, 따라서 電壓線(非接地線)의 對地電壓은 250V (150+100V=250V, 同位相을

假定)以下면 安全하다는 結果가 된다. 이와 같이 본다면 現行 低壓屋內配電系統에 대한 規定은 屋內電氣施設 및 機器의 對地電壓이 250V 以下이면 人體에 安全하다는 것을 말하여 준다.

그러므로 韓電에서 提示한 安全措施대로하면 定常狀態下에서도 感電에 대한 危險을 除去된다고 볼 수 있다. 왜냐하면 220V 低壓屋內回路的 定常狀態下에서의 電壓은 最高 220V 이기 때문이다.

물론 220V 의 電壓으로 人體가 感電된 경우 人體에 30mA 以上の 電流가 흐를수 있을지도 모르나, 現行 第2種接地에 관한 規定을 믿는다면 이것은 그렇게 심각한 問題는아닐 것으로 본다. 단지 220V 에 感電된 사람이 感電을 意識하고 손등을 빨리 充電部로부터 떼어낸다는 것을 前提로 하면 된다. 即 現行 3.3kV/110V 系統에서 高低壓混觸으로 遮斷器가 動作할때까지의 時間程度로 손등을 빨리 떼어 낼수 있을 것이라는 것을 前提로 한 것이다.

2. 渡過狀態

이경우는 高低壓混觸 써어지波의 移行등으로 인하여 屋內回路에 異常電壓이 侵入하는 경우이다. 이경우 感電될 수 있는 部分은 ① 電壓線과 그 充電部, ② 充電部와 絕緣된 金屬體, ③ 充電部の 絕緣體, ④ 非接地線 및 이와 連結된 金屬體등인데, 이中에서 ②, ③, ④에의 接觸으로 인한 感電事故가 比較的 많을 것이다. ②, ③은 異常電壓侵入으로 絕緣體가 絕緣破壞되는 경우를 생각한 것이다. ④도 研究結果에 의하면 數千V 以上の 異常電壓을 생각할 수 있기 때문에 問題가 된다. 이 異常電壓은 中性線接地抵抗을 減少해도 그다지 輕

減效果가 없는 경우가 있다. 韓電提示의 保安措置로는 渡過狀態下의 感電事故를 防止할 수 있다고 保障할 수 없다. 왜냐하면 前記 ②, ③에 關聯된 事故를 防止하기 위한 電氣器具의 絕緣強度에 대한 言及이 全然 없기 때문이다. ①, ④에 대한 것은 接地에 關係가 있는 것이는데 이에 대한 對策도 全然 없다. 이것은 3種接地로 解決될 수는 없다. 그러므로 渡過狀態下에서의 感電事故防止에는 低壓 220V 側만을 單獨으로 생각해서는 안되며, 1, 2次를 關聯시켜 同時에 考慮해야 할 것이다.

昇壓에 있어서 考慮해야 할 事項은

1. 韓國人은 主로 溫突生活을 한다는 것
2. 膜발로 있을 때가 많다는 것
3. 電氣器具 및 資材가 質이 不良하다는 것
4. 電氣에 관한 常識이 아직 不足하다는 것. 때문에 屋內電氣施設을 마음대로 新設, 改修, 또는 고친다는 것.
5. 低壓回路的 渡過狀態下에서의 保安措置가 充分하지 못하다는 것.
6. 屋內電氣施設에 대한 安全管理가 徹底하지 못한다는 것

등인데, 感電, 電氣火災와 關係가 깊은 點은 110V를 220V 로 昇壓했다는 事實보다 配線電壓을 3.3kV 로부터 22.9kV 로 昇壓했다는 點일 것이다.

結局 電氣機器 및 人體에의 安全을 期하거든, 避雷器를 設置하든가, 引込線末端을 잘 接地하든가, 또는 漏洩電流事故時效果的으로 回路를 遮斷하든가 하는 등의 方法이 講究되어야 할 것이다. 어느것이 가장 經濟的인가를 檢討해야 할 것이다. 渡過狀態를 생각한다면 結局 上記한 方法이 강구되어야 할 것으로 본다.

公 知 事 項

1973년 7월 20일 韓國科學技術團體總聯合會의 重化學工業關係 學會長會議에서는 新技術情報를 널리 보급하여 輸出增大에 이바지 하라는 大統領 特別指示에 의하여 韓國科學技術情報센터의 月刊紙(技術情報)에 海外技術情報를 掲載기 위한 新技術情報에 대한 原稿를 重化學工業關係學會에서 作成 提供하도록 韓國科學技術情報센터와 協議된 바 있습니다. 이에 本學會 會員여러분은 이러한 취지에 적극 호응하시어 國內外的 새로운 技術 및 重化學工業所得增大事業技術等 經濟成長을 위한 技術原稿를 作成하시어 每月 20일까지 韓國科學技術團體總聯合會(서울 特別市 龍山區 葛月洞 13. 電話 43-2422)로 提出하시기 바랍니다.

1973년 7월 일

大韓電氣學會會長白