

# 電氣事故와 設備故障 事例

(51)

## 復旧作業中の 感電負傷事故

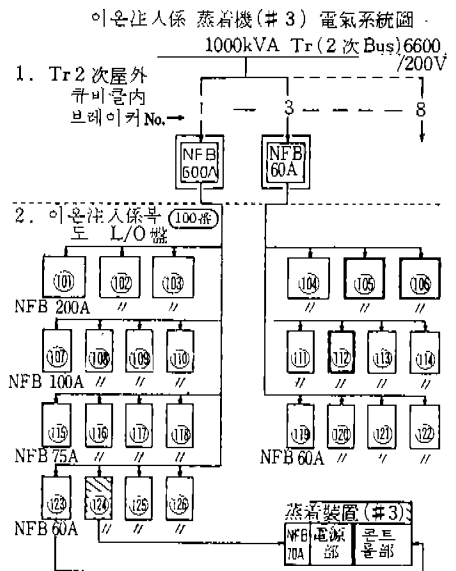
### 1. 머리말

요즘 半導体の 量産化 및 고성능, 고품질화에 따라 이것을 생산하기 위해 高電壓을 사용한 각종의 장치가 半導体生産工場內에서 많이 볼 수 있게 되었다.

이들 장치는 대부분이 末端的 負荷設備에 附帶되는 것이며 入力電壓은 低壓이고 이것을 高壓 또는 特別高壓의 직류로 변환하여 플라즈마에칭이나 실리콘板蒸着的 공정 등에 사용하는데 低壓入力인 만큼 機器의 메인テナンス에서 安이하게 생각할 위험성 이 있는 부분이다.

여기서 소개하는 事故例는 실리콘아일 랜드라고 하는 어떤 半導体工場에서 발생한 예로서 반도체를 생산하는 직접적인 원동력으로 되어 있던 蒸着裝置의 고장이 이 사고를 유발한 것이다.

앞으로 半導体工場의 신설, 증설, 설비가 擴大됨에 따라 이같은 종류의 설비도 증가될 경향에 있으며 이 사고를 계기로 보수관리 業務体制을 충실하게 하는 것이 再檢討되어야 할 시점에 이르렀다고 본다.



- (注) 1. □표는 현재 豫備電源브레이크  
 2. 事故時에는 ⑫ NFB Trip. 조작 스위치 不動作  
 3. 오는 停電(60KV)作業時에 ⑫를 ⑬로 接續變更예정

〈그림- 1〉 事故裝置系統圖

## 2. 事業場の 개요

사고가 발생한 사업장은 半導体工場으로서 受電電壓 66kV, 受電電力 15,500kW의 대형 자가용 시설이다.

이 공장에서는 반도체 생산의 프로세스機器인 蒸着裝置(이온을 注入하여 IC, LSI등의 칩上的 회로를 蒸着시키는 장치: 入力 AC200V, 70A: 出力 DC 12.5kV, 1.4A)를 數台 소유하며 2층 1층에서 이 사고가 발생했다.

또한 電氣設備의 보수관리업무체제는 선임된 전기기사를 비롯하여 이 事故의 피해자인 T씨를 포함한 총 8명의 스태프로 구성되어 있었다.

이 事故의 被災者는 入社한지 얼마되지도 않은 作業經驗이 1年3個月의 20세의 종업원으로 아직 현장의 실패나 설비상황 및 안전작업에 대한 인식이 완전하지 못했다는 것이 사고의 원인이 된 것 같다.

## 3. 事故發生의 狀況

### (1) 事故發生까지의 경위

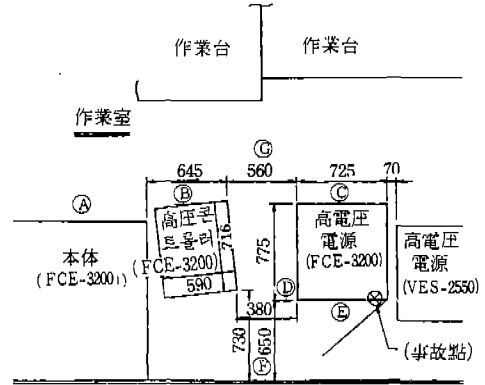
被災者 및 그의 동료인 A씨는 그 날의 근무를 위해 13시 45분에 소정의 위치에서 주임으로부터 당일의 生産狀況 및 장치의 稼動狀況의 설명과 이번 사고발생의 장치를 포함한 2층의 장치(사고발생장치는 3號機, 다른 故障裝置는 4號機로 이번 사고와는 관계가 없다)에 고장이 발생했기 때문에 이것을 복구시키도록 하는 作業指示를 받았다.

그 후 被災者와 동료 A씨는 의논한 끝에 4號機의 복구작업부터 시작하기로 하고 14시 15분에 작업을 시작하여 약 30분 후에 작업이 끝났다.

이어 두 사람이 事故機인 3號機의 작업을 시작할 예정이었는데 장치의 복구작업에는 이미 앞서 근무자가 다른 동료 S씨와 함께 수리를 하고 있었기 때문에 A씨는 이 시점에서 복구작업에서 물러나게 되었다.

따라서 被災者와 S씨의 2명이 3號機의 수리에 착수하여 그림2 裝置의 레이아웃 ㉔地點에서 主電源을 OFF로 하고 ㉕地點에서 문을 개방하여 精密點檢을 한 결과 고장의 원인은 릴레이라고 판단했다.

被災者들이 이 장치의 릴레이部分의 복구작업을



〈그림 - 2〉 裝置레이아웃

착수한지 5分後 고장부구를 할 수 없다고 판단하여 릴레이에 관계되는 制御部 전체를 교체하기로 하고 S씨는 피해자에게 프린트板을 가져오기 위해 그 자리를 떠났다.

이후 被災者는 혼자 릴레이의 복구작업을 하려고 ㉑地點의 콘트롤파우어스위치의 ON, OFF 조작을 반복했는데 고장의 원인은 발견할 수 없었기 때문에 다음에는 高電壓部의 상태를 보려고 ㉕地點에서 高電壓部가 수납되어 있는 큐비클의 문의 인터록을 해제하고 ㉔地點에서 主電源을 투입했다.

또한 被災者는 ㉑地點에서 콘트롤파우어 스위치를 투입하여 電壓의 발생상황을 조사했으나 규정전압이 발생되고 있지 않으므로 主電源을 투입한 상태 그대로 다시 ㉕地點으로 돌아와 ㉑地點에서 도어의 支點 부근을 잡은 태세로 高電壓部의 상태를 보려고 했으나 그 때 발밑에 있던 케이블에 걸려 몸의 밸런스를 상실했다.

그 순간 도어의 支點 부근에 수납되어 있는 7,000V의 高電壓部 노출단자에 오른손이 접촉되어 感電되었고 또한 그충격으로 ㉕地點까지 날려버렸다.

그 후 被災者는 도움을 청하면서 ㉔地點까지는 기어갔는데 이것을 듣고 달려간 동료들이 被災者를 병원으로 옮기는 동시에 이 장치의 主電源을 끊고 사용금지표시를 했다.

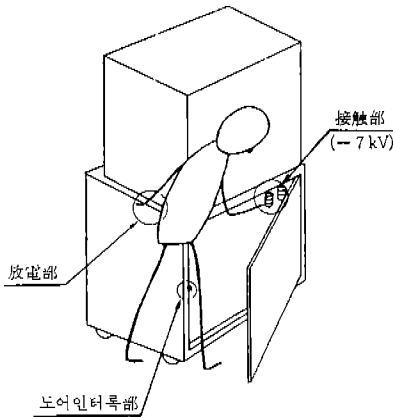
이 때의 被災者의 복장은 作業服, 운동화를 착용했고 장갑은 끼지 않은 상태였다.

### (2) 感電部位의 推定

이 사고가 발생한 高電壓電源裝置는 큐비클裏面の 문을 열면 右上端부에 内部母線과 볼트코넥터로

접속되어 있는 高電壓 노출단자가 있다.

그림 3 과 같이 被災者는 오른손에 플라스틱의 볼펜을 쥔채로 도어의 支點부근을 잡고 왼손과 左腹部로 上體를 지지하는 형태로 장치 내부를 들여다 보려고 했는데 발밑의 케이블에 오른발이 걸려 그 순간 몸의 밸런스가 무너져 오른손 또는 오른손에 쥔 볼펜이 高電壓充電部에 접촉하여 왼손 및 左腹部에 電流가 흘러 感電되는 순간에 뒤어 올라 電流의 体内流入時間이 짧았기 때문에 다행히도 생명에는 별지장이 없었고 全治 2 週間の 電擊傷으로 진단되었다.



〈그림-3〉 人体에의 電流의 流出入路

#### 4. 事故의 原因과 防止對策

사고의 원인은 뭐니뭐니해도 作業方法이 나빴다는 것이며 被災者가 이날 活線狀態에서 작업을 실시할 예정도 아니었고 또한 變更했다고 해도 無防備狀態로 부주의하게 充電部에 접근한데 기인하는 것인데 이 사고의 원인에는 또한 다음의 세가지 要素가 얽혀 있다.

첫째로 被災者 본인의 과실이다. 被災者는 이 작업장의 高電壓作業에 뉴얼에 따라 당초에는 동료인 S씨와 둘이서 작업을 했는데 S씨가 수리를 위한 재료를 가져오기 위해 자리를 뜬 사이에 被災者는 「릴레이部分의 不動作의 원인은 高電壓 活線狀態로 조사하면 발견할 수 있지 않을까」하고 생각하여 인이하게 豫定 밖의 행동을 했다는 것이다.

作業技術이 미숙한 사람은 감전 등의 危險豫知에

대한 인식이 아무래도 부족하므로 作業經驗이 풍부한 사람이 볼 때에는 생각할 수도 없는 행동을 하는 경우가 있으며 이같은 때에 왕왕이 사고가 발생하는 수가 있다.

또한 活線作業을 할 때의 保護具類의 작용이 일체 없었다는 것은 바로 本人이 活線作業을 하고 있다는 自覺이 전혀 없었다고 해도 과언이 아닐 것이다.

둘째로는 이 사고가 전담 전기기사가 있는 自家用 시설 내에서 발생했다는 사실에 착목할 때 가령 末端部의 負荷設備이라고 하더라도 이 설비와 같이 高電壓이 발생하여 한번 災害가 발생하면 重大事로 연결되는 裝置에서는 특히 監視體制 및 그 安全對策까지 만전을 기해야 되는 것이다.

이 사업장에서는 安全作業매뉴얼은 있으나 이 장치의 복구작업에서 전기기사는 매뉴얼의 확인이나 사전협의도 충분히 하지 않았고 하물며 작업경험이 별로 없는 사람이 누구와 작업을 함께 하는지도 알지 못하는 상태에서 作業者끼리의 相互체크 體制도 없었다는 것이 이 被災者의 1人作業을 야기했고 事故를 유발시킨 것으로 본다.

세째로는 設備上의 문제이다. 事故發生의 장치는 末端의 負荷設備이며 직접 생산과 연결되는 설비이기 때문에 종업원이 이것을 보고 접하는 기회도 많은 것이다.

따라서 作業者가 발밑의 케이블에 발이 걸리는 일이 없도록 케이블의 정리에 배려를 해야 할 것이다. 또한 充電部의 絶緣커버나 절연판의 설치로 작업자가 불의의 감전이 되지 않도록 2중, 3중의 보호조치가 되어 있어야만 했다. 여기서 사고재발방지대책으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

우선 作業前의 협의나 作業中의 연락확인에 대하여 保安教育에서 그 충분한 실천이 촉구되고 있겠으나 그 중에서 전기기사 등의 책임자는 安全作業基準의 준수의 철저나 작업원에 대한 작업실시방법 등 세부에 걸친 지시를 정확하게 하여 「우발적인 작업」 「무심코 하는 행동」등을 미연에 방지해야 될 것이다.

또한 경험이 적은 사람은 아무래도 保安教育의 내용이 몸에 배기까지에는 상당한 기간이 소요된다. 따라서 전기기사는 물론 실무경험이 풍부한 사람은 경험이 적은 사람에 대하여 충분한 감독을 하여 기

회가 있을 때마다 安全을 확보한 作業, 위험에 대한 인식을 환기시켜 결코 安全을 가볍게 생각하는 作業方法을 택하지 않도록 自他가 항상 경계해야 된다.

다음에 活線作業에 대하여 그 의미를 作業者は 충분히 이해해야 된다. 가령 低壓의 作業이라도 條件만 갖추어진다면 간단하게 감전이 된다. 원래는 停電作業을 해야 되는 것이 사정이 허락하지 않으면 活線作業을 하게 되는데 이 때에는 충분한 保護具 및 防護具를 장착해야 된다.

끝으로 設備面에 대해서인데 前述한 바와 같이 사업장의 蒸着裝置의 케이블配置를 정비할 것, 또한 充電 노출부분을 극력 적게 하기 위해 절연 커버를 부착할 것 등을 들 수 있는데 일반적으로 末端·負荷設備는 配線의 케이블이나 電線이 혼잡한 것이 실정이다. 장치의 점검, 정비작업을 안전하고 원활하게 할 수 있는 연구도 필요할 것이며 또한 이로써 感電災害뿐만 아니라 電氣火災의 미연방지도도 연결이 될 것이다.

## 5. 맺는 말

보안교육의 내용의 하나로 「安全管理은 자기의 관리가 필요하다」는 말을 많이 듣게 된다. 이 自己管理라는 것은 다음과 같은 것이라고 이해하면 될 것으로 본다.

- ① 기술의 향상과 지식의 습득
- ② 실무의 축적으로 위험에 대한 豫知와 신속한 대응
- ③ 직장내에서의 융화와 협조
- ④ 가정내 및 직장 내에서의 불화 등으로 작업에 支障을 미치는 일이 없도록 하기 위한 자기의 精神의 管理

電氣設備는 모든 곳에 여러가지의 危險要素가 잠재해 있다고 할 수 있으므로 여기서 자기자신을 지키기 위해 항상 安全에 대한 자기의 관리에 노력해야 될 것이다. \*

(95페이지에서 계속)

$$\begin{aligned}
 P_c &= P_{1\text{avar}} - P_1' \text{avar} \\
 &= P_n (\tan \psi - \tan \psi') / \eta \\
 &= \frac{P_n}{\eta} \left\{ \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \psi} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \psi'} - 1} \right\} \quad (29)
 \end{aligned}$$

1次電流  $I_1$ 은 勵磁電流  $I_f$ 와 1次負荷電流 와의 벡터합이므로 작은 용량의  $P_c$ 로 하기 위해서도  $I_f$ 를 작게하는 磁化特性的 磁性材料를 사용할 것이 요구된다.

이상 대표적인 機器로서 變壓器와 回轉機에 대하여 에너지節約의 視點에서 機器特性和 磁氣特性和의 관계를 명확히 하고 운전조건에서 高效率로 하고 또한 入力力率을 개선할 경우의 구체적인 數值를 계산할 수 있도록 했다.

즉

(1) 高效率의 사용범위를 넓게 하기 위해 損失比는 4 정도 이상이 좋고 (8)式에 의하여 所要의 最

大效率의 無負荷損(固定損), 따라서 負荷損도 결정된다.

(2) 勵磁電流와 定格電流와의 비를 어떤 값 이하로 함으로써 (20)式에 의하여 實効值 볼트암페어가 결정된다.

(3) 따라서 (1), (2)를 충족시키는 鐵心の 材質, 形狀 등이 결정된다.

(4) 回轉機의 1極분에 필요한 起磁力은 (21), (23)式으로 구할 수가 있고 이 起磁力을 극력 작게 하기 위해 轂의 길이를 최소로 억제하여 回轉子의 鐵損을 작게하고 커터係數를 작은 값으로 하여 磁路의 길이 및 磁界의 강도를 어떤 값 이하로 하는 鐵心이 사용된다. 일정한 界磁束인 때에는 磁極에 永久磁石이 사용된다.

(5) 電動機의 入力力率을 개선하기 위한 콘덴서는 (28)式에 의하여 구할 수가 있으며 작은 콘덴서容量으로 하기 위해서도 轂의 길이를 작게해야 된다. \*