

재해원인조사 의견서

한국 산업 안전 보건공단

이 의견서는 「산업안전보건법」 제56조에 따라 중대재해 원인조사를 실시하고 재해 원인에 대한 의견을 작성한 것으로

「산업안전보건법」 제56조의 ‘중대재해 원인을 규명하여 산업재해의 예방 대책 수립’을 통한 안전 확보에 이바지함을 목적으로 하고 있다.

그러므로 이 의견서는 산업현장의 안전·보건을 증진시킬 목적 이외의 용도로 사용되어서는 아니 된다.

재해조사 의견서

1. 사업장 개요

도 급 사	회사명	㈜아이앤큐이엔지	주 소	본사	경기도 용인시	전 화 번 호 (FAX)	
	현장명	사업장 ㉔ 식품공장 신축공사 중 전기통신공사		현장	충남 서천군		
	대표자	B	면허업종		전기공사업	근로자수	8명
	관리번호 (사업개시번호)		발주처			공사기간	2023.4.26. ~ 2024.1.31.
	공사종류	전기공사	단위공종		방화폼패드 설치		
	공사금액(천원)	1,706,100 (VAT 포함)	공사규모		식품공장 증축동 전기통신공사	공정률	95% (재해발생일 기준)

2. 재해자 인적사항

연번	성명	출생년도	소속	고용형태	상해정도
1	A	1962	㈜아이앤큐이엔지	일용	사망

3. 재해발생 경위

발생형태	전기 화상	기인물	몰드변압기
○ 2024년 1월 8일(월) 8시 25분경 ○ 충남 서천군 소재 식품공장 증축동 지상 3층 전기실에서 ○ ㈜아이앤큐이엔지 소속 재해자(남, 62세, 전기공)가 ○ 전원을 차단하지 않은 수변전 설비(몰드변압기*) 부근에서 작업하던 중 ○ 특고압(22.9kV) 충전부에서 발생한 아크(Arc)에 의해 전기 화상으로 병원에서 치료 중 2024년 1월 9일(화)에 화상쇼크 및 심부전 의증으로 사망한 재해임.			
* 몰드변압기(TR, Transformer): 22.9kV의 전압을 380V나 220V로 변성하여 공급해주는 설비			

4. 재해조사 내용

【본 조사의견서 내용은 현장 조사결과 및 현장관계자와의 면담을 근거하여 작성하였음.】

가. 사고의 경위

- 【공사현황】 사고발생일 기준으로 식품공장 증축동 건축공사는 준공되었으나, 분리 발주된 전기·통신공사는 진행 중이었음.

[표1] 조감도 및 공사내용

	공 사 명	사업장 ㉑ 식품공장 신축공사
	대지위치	충남 서천군
	발 주 처	
	시 공 사	【건 축】 【전기·통신】 주아이앤큐이엔지
	공사기간	【건 축】 '22.11.15. ~ '23.12.15. 【전기·통신】 '23.04.26. ~ '24.01.31.
	용도·규모	공장 1개동(지상 5층)
	대지면적	8,145.9㎡
	건축면적	3,752.77㎡ (건폐율 46.06%)
	연 면 적	12,548.31㎡ (용적률 154.04%)

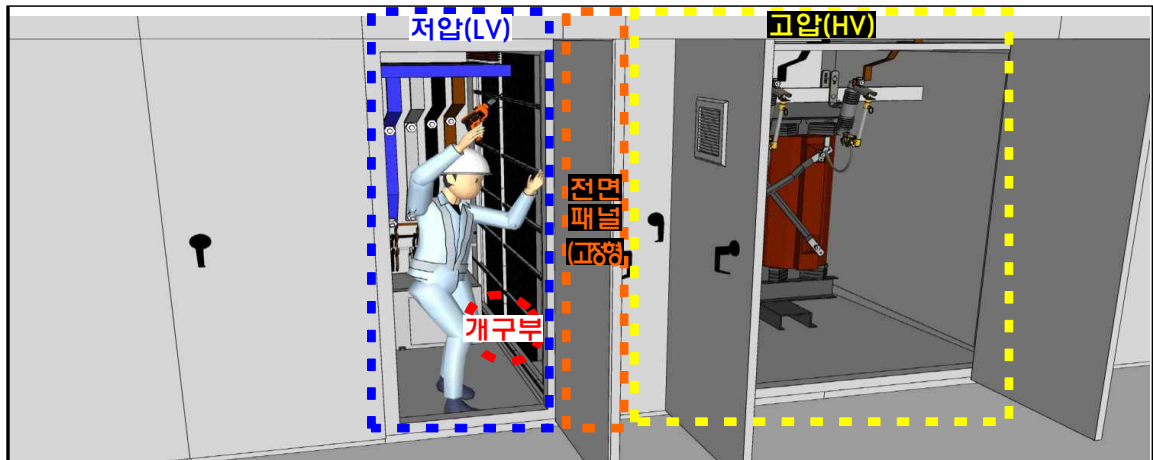
- 【재해발생 공정】 전기설비 및 배관 등 설치에 의해 관통하는 구간의 화재 확산을 방지하기 위해 내화충전재인 방화폼패드를 설치하고자 함.
- 사고당시 작업 대상은 전기실 수배전반 내부에 위치하였고 재해자는 상기 작업을 위해 작업 공간을 확보하고자 작업구간의 전면패널을 해체하는 과정에서 사고가 발생함.

[표2] 재해발생 공정

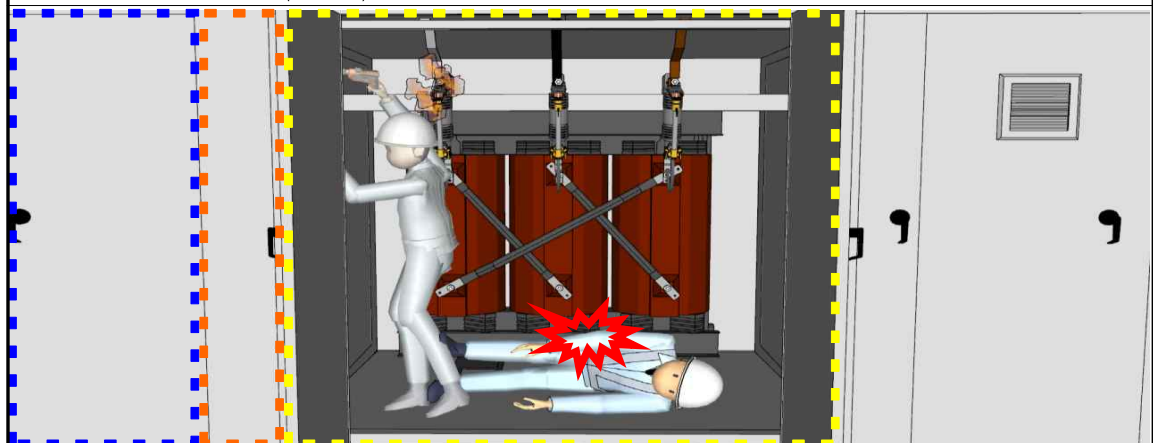


○ 【재해발생 과정】

- [07:55경 (현장투입)] 재해자는 동료근로자(C, 보조공)와 함께 작업공구(임팩트 렌치, 핸드그라인더) 및 자재(방화폼패드)를 챙겨 작업장소인 증축동 3층 전기실로 이동함.
- [07:55~08:25 (작업시작)] 재해자는 작업구간인 저압 수배전반과 고압 수배전반 사이에 위치한 전면패널을 분리하기 위해 고정볼트 해체작업을 진행함.
- [08:25경 (사고발생)] 전기실 내부에서 작업도중 “퍽” 소리와 함께 증축동 전체가 정전되면서 사이렌이 울리자 놀란 동료근로자(C)가 고압 수배전반 내부에 쓰러져 있는 재해자를 발견함.
- [08:28~ (재해자 이송)] 전기실 옆에 위치한 발전기실에서 작업 중이던 다른 동료근로자들이 달려와 119구급대에 신고하여 재해자를 병원으로 이송하였으나 치료 중 2024.1.9. 오후 8시 10분경 사망함(원인 : 화상쇼크 및 심부전 의증).



1. 저압 수배전반(LV-N1)을 개방하여 전면패널의 좌측 고정볼트 해체



2. 고압 수배전반(TR-N1\))을 개방하여 전면패널의 우측 고정볼트 해체 중 특고압(22.9kV) 충전부에서 발생한 아크(Arc)에 의해 전기 화상(30%)을 입음

[그림1] 재해발생상황도

나. 기인물 정보

- 【몰드변압기】 22.9kV를 380V 또는 220V의 전압으로 낮춰주는 몰드형태의 수변전 설비로 제원은 [표3]과 같음.
- 사고 몰드변압기는 고압 수배전반(TR-N1패널) 내부에 [그림2]와 같이 설치되어 있었음.

[표3] 사고 몰드변압기 제원

	설 비 명	몰드변압기
	정격용량	1500 kVA
	1차 정격전압	22900V(22.9kV)
	1차 정격전류	37.8 A
	2차 전압	380 – 220 V
	결선방식	DELTA-WYE
	치 수	1,885×1,040×1,930mm (가로×세로×높이)
	제 조 사	



[그림2] 사고 몰드변압기 외형도 (1500kVA)

- 사고 몰드변압기는 각 상의 1차측 단자마다 보호장치인 파워퓨즈*가 돌출 설치되어 있으며 이 파워퓨즈는 특고압 전류가 흐르는 버스 바**와 연결되어 있음.

* 파워퓨즈(PF): 고압과 특고압 선로에 사용되는 전기설비 및 기기의 단락 보호용 퓨즈

** 버스 바(Bus-bar): 전기적인 연결을 가능하도록 하는 막대형의 전도체



[사진 1] 몰드변압기 1차측 단선형태

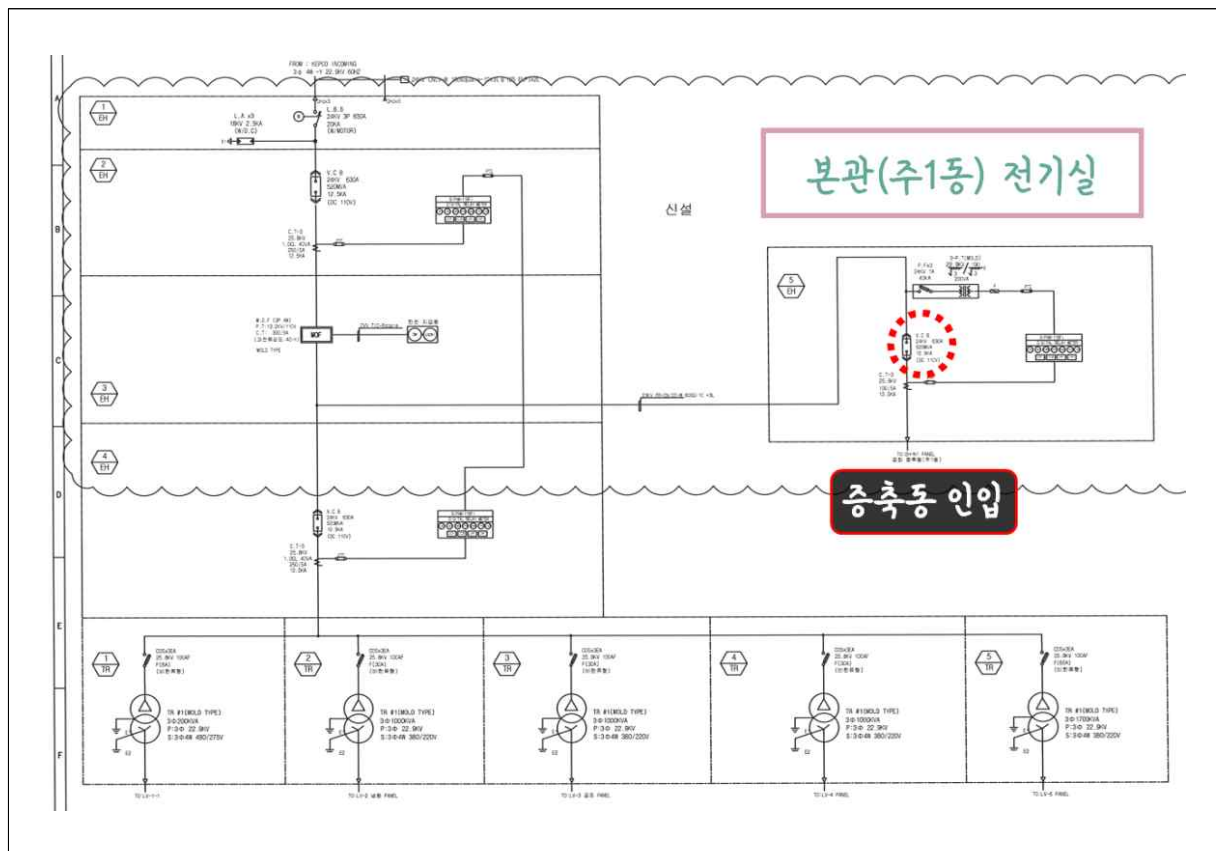
○ 【전기계통】 증축동 22.9kV 전기설비 구성은 [그림4~5]의 도면과 같음.

- 한국전력공사(KEPCO)에서 본관동(주1동)으로 인입된 22.9kV 전원을 수전 받아 진공차단기(VCB)**를 거쳐 3개의 몰드변압기를 통해 저압(380-220V)으로 변압한 후 기중차단기(ACB)***를 거쳐 MCCB PNL로 공급됨.

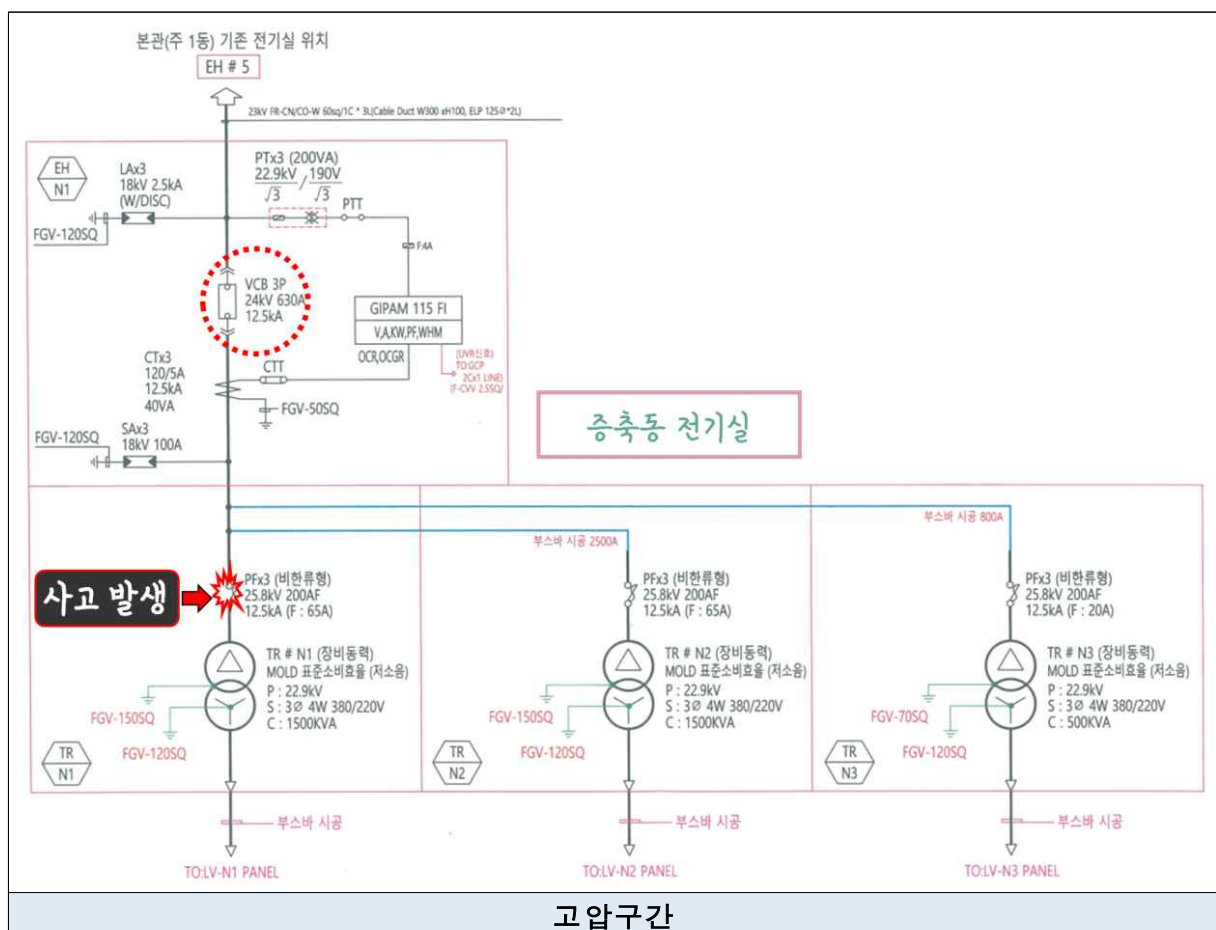
*** VCB(Vacuum Circuit Breaker): 특·고압 배선전로에 설치되어 변압기 1차 측인 고압부분의 전기를 개폐하는 차단기로 개폐 시 발생하는 아크를 진공을 이용하여 소호

**** ACB(Air Circuit Breaker): 변압기 2차 측인 저압부분의 전기를 개폐하는 차단기로 개폐 시 발생하는 아크를 공기로 차단

- 증축동 전기실 전체전원은 본관동(주1동) 전기실 EH #5의 진공차단기*(VCB)와 증축동 전기실 EH N1의 진공차단기(VCB)를 사용하여 차단이 가능함.
- 재해자가 방화폼패드를 설치하려던 구간은 저압 수배전반(LV-N1)쪽으로 현장관계자 말에 의하면 사고당일 저압 수배전반(LV-N1)의 전원은 기중차단기(ACB)를 사용하여 차단하였다고 함.



[그림3] 본관동(주1동) 전기실 단선결선도

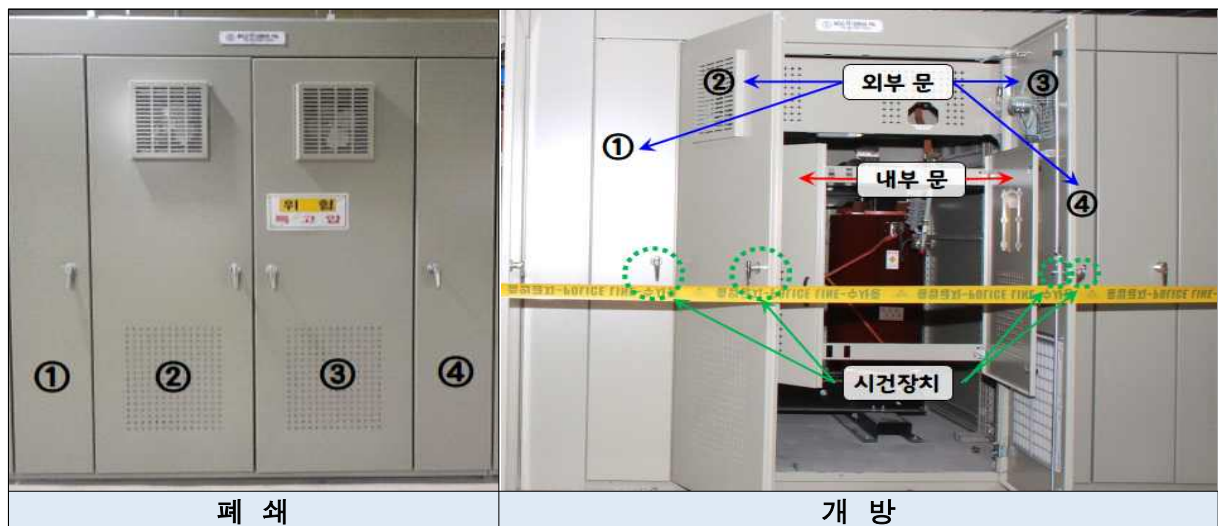


[그림4] 증축동 전기실 단선결선도 - ①

○ **【고압 수배전반(TR-N1)】** 폐쇄형 외함 구조로 이중문이 설치되어 있으며 외부 문에 시건장치가 설치되어 있어 전용열쇠를 사용하여야 개방되는 구조임.

- 큐비클 형태로 치수는 가로 2,400mm, 세로 2,500mm(내측 2,420mm), 높이 2,550mm임.
- 양측 쪽문을 포함하여 외부 문은 총 4개이고 내부 문은 중앙에만 설치됨.
- 전용열쇠는 전기실 내 모든 수배전반을 열수 있는 마스터키로 사용되었음.

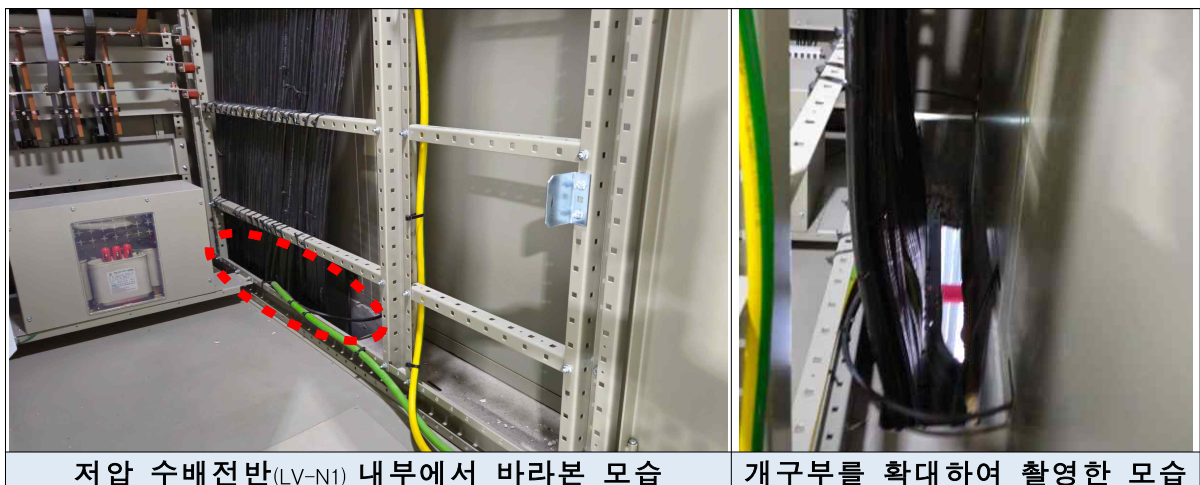
※ 고압 수배전반(TR-N1) 항상 시건되어 있으나 사고당일에는 재해자에 의해 개방된 상태였음.



[사진3] TR-N1 패널 구조

○ **【작업상황】** 방화폼패드 설치가 필요한 개구부의 위치는 좌측 저압 수배전반 (LV-N1)과 우측 고압 수배전반(TR-N1) 사이로 전면부에 설치된 고정형 패널 (폭 300×높이 2550mm)을 해체하여 작업공간을 확보하려 하였음.

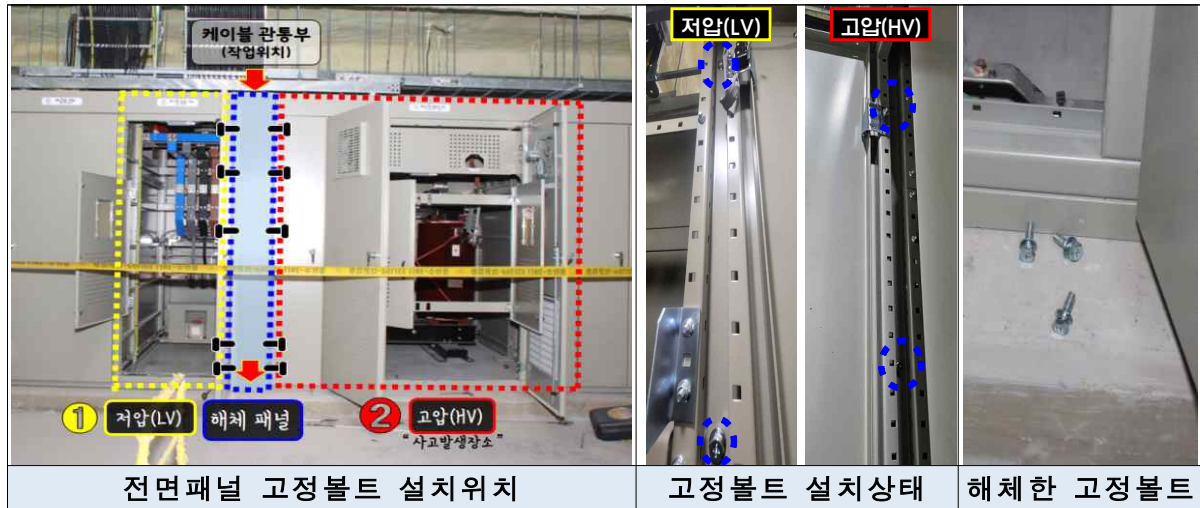
- 개구부의 우측은 고압 수배전반(TR-N1) 패널로 막혀 있었고 개구부의 좌측은 저압 수배전반(LV-N1)의 철재앵글과 인출된 케이블에 의해 작업간섭이 생김.



[사진4] 방화폼패드 설치위치 개구부

- 고정형 전면패널을 해체하기 위해서는 양측 수배전반 개폐문의 경첩부근에 설치된 고정볼트를 모두 해체하여야 함으로 저압 및 고압 수배전반을 개방한 후 패널 내부에서 작업을 실시함.

※ ① 저압 수배전반과 연결된 고정볼트를 먼저 해체한 후 ② 고압 수배전반과 연결된 고정볼트를 하부부터 해체하여 상부에 위치한 고정볼트를 해체하던 중 사고가 발생함.

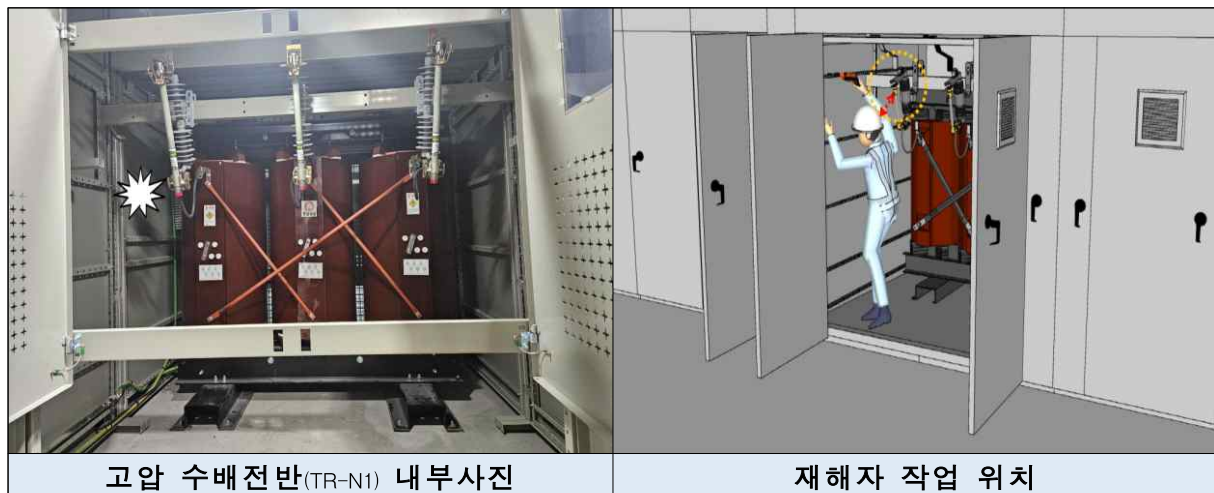


[사진5] 전면패널 고정볼트

○ 【작업방법】 재해자는 [사진6]과 같이 전원차단이 되지 않은 특고압(22.9kV) 충전부에 인접한 상태로 임팩트 렌치를 사용하여 고정볼트를 해체하였음.

- 신장 약 170cm인 재해자는 오른손잡이로 상부에 위치한 고정볼트(높이 약 176cm)를 해체하기 위해서는 오른쪽 팔꿈치가 어깨 위에 위치한 상태였을 것으로 판단됨.

※ 재해자가 사용한 임팩트 렌치는 조사당시 현장에서 확인할 수 없었음.



[사진6] 고압 수배전반(TR-N1) 내부 작업 모식도

○ **【작업거리】** 전격방지를 위한 충전부와 근로자 사이 한계거리는 90cm이나, 패널 문에서 파워퓨즈까지 수평거리는 약 77.3cm로 충전부 접근한계거리 이내에 위치함.

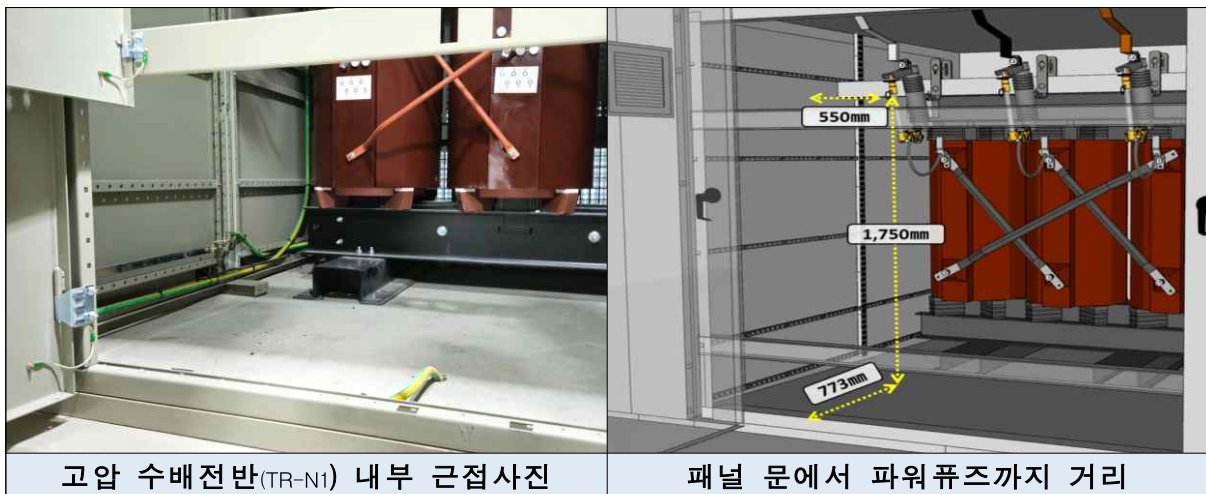
- 재해자가 패널 내부에서 고정볼트를 해체할 경우 패널 문에서 파워퓨즈까지의 거리보다 재해자의 신체(두부 및 팔)가 노출 충전부(파워퓨즈)에 더 가까워짐에 따라 [사진6]과 같이 전기적으로 위험한 작업조건이 형성됨.

※ 패널 문에서 몰드변압기 1차측 단자 충전부까지의 수평거리는 약 1.28m이나, 1차 측 단자와 연결된 파워퓨즈(고리위치기준)는 약 0.507m 앞쪽에 설치되어 있음.

※ 조사당시 활선상태로 감전위험이 있어 실측이 불가하여 관련도면 및 사진을 통해 계산한 수치임.

[참고1] 충전전로에서의 전기작업 (산업안전보건기준에 관한 규칙 제321조)

- 충전전로의 선간전압(kV) 15초과 37이하의 충전전로에 대한 접근 한계거리는 90cm임.

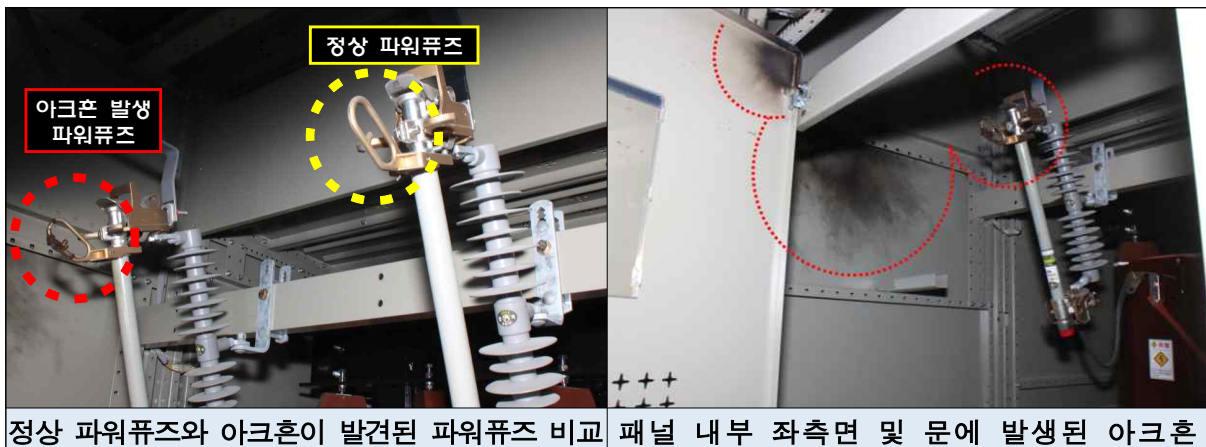


고압 수배전반(TR-N1) 내부 근접사진

패널 문에서 파워퓨즈까지 거리

[사진7] 고압 수배전반(TR-N1) 내부

○ **【아크흔적】** 고압 수배전반(TR-N1) 내부 몰드변압기의 W상 1차 측 단자와 연결된 파워퓨즈의 고리(Latch&Pull ring)와 유사 높이(약 1.75m)의 패널 내부 좌측면 및 문에서 아크 흔을 발견함.



정상 파워퓨즈와 아크흔이 발견된 파워퓨즈 비교

패널 내부 좌측면 및 문에 발생된 아크흔

[사진8] 고압 수배전반(TR-N1) 내부 아크(Arc) 흔적

○ **【절연용 보호구 착용여부】** 사고당시 재해자는 절연용 보호구를 착용하지 않았음.

- 동료근로자(C)와의 면담에 따르면 사고당시 재해자는 현장에서 지급받은 안전모와 안전화는 착용하고 있었으나 조사당시 현장보존이 되지 않아 안전모와 안전화의 절연기능여부는 확인할 수 없었음.



[사진9] 사고발생 이후 재해자의 장갑 및 작업복 상태

라. 기타 관리적 사항

○ **【재해예방 기술지도】** 발주처는 분리 발주한 전기·통신공사에 대하여 별도 기술지도계약을 체결하여야 하나 체결하지 않았음.

○ **【위험성평가】** ㈜아이앤큐이엔지는 전기·통신공사에 대한 정기 위험성평가를 실시하였으나, 전기실 정전작업 및 활선상태의 수변전 설비 인근에서의 작업에 대한 위험성평가 내용은 찾아볼 수 없었음.

○ **【작업계획서】** 전기작업에 대한 작업계획서는 별도 작성되어 있지 않았음.

5. 조사자 의견

가. 작업현장의 위험요인

○ 작업장의 노출 충전부 또는 그 인근에서의 작업 수행

- 전기설비 또는 그 주변을 취급함에 따라 근로자의 부주의 또는 무의식적인 직접 또는 간접 접촉에 의한 전격, 기기 고장으로 인한 감전, 아크 섬락 화상, 열화상 또는 폭발 등이 발생할 우려가 있음.

○ 전압이 인가된 전기위험장소에서의 간헐작업 수시 발생

- 공사도중 설계변경 등에 따른 수정보완작업이 수시 간헐적으로 발생함에 따라 전로의 전원차단을 제대로 하지 않은 상태에서 작업을 실시하여 발생할 수 있는 전기위험
- 간단한 작업의 경우 작업 전 작업계획을 별도 수립하지 않은 채 작업 중 위험을 고려하지 않아 근로자 직관대로 작업을 진행함에 따른 위험

○ 전기실 수배전반 마스터키 사용

- 전기실 수배전반 전체를 열 수 있는 마스터키 사용에 따라 고압 수배전반의 임의 개방에 따른 전기위험 우려

○ 전기 작업절차서 및 작업계획서 부재로 근로자 임의판단에 의한 작업 수행

- 전기 작업절차서에 따른 교육훈련을 실시하지 않고 작업계획서를 별도 작성하지 않은 채 작업지시가 이루어짐에 따라 근로자가 전기작업 안전 조건을 확보하지 않은 상태에서의 작업 수행에 따른 위험 우려

나. 사고원인

○ 해당 전로의 전원 차단 미실시

- 해당 전로의 전원을 차단하지 않은 상태에서 특고압(22.9kV) 수배전반을 임의 개방하여 노출된 충전부 부근에서 작업을 진행함.

○ 충전전로 접근 한계거리 이내에서 작업 실시

- 수배전반 마스터키 사용에 의해 근로자가 특고압(22.9kV) 수배전반을 임의 개방할 우려가 있음에도 관리감독 및 사전훈련을 제대로 실시하지 않아 특고압(22.9kV) 충전전로 접근 한계거리 이내에서 위험하게 작업을 진행함.

※ 특고압 22.9kV 충전전로에 대한 접근 한계거리는 90cm이나 사고당시 노출 충전부로부터 작업거리는 약 77.3cm 이내였음.

○ 절연용 보호구 미지급 및 착용지도 미실시

- 전기 아크에 노출될 가능성이 높은 수변전 설비 부근에서 작업을 진행함에도 전기 화염에 건딜 수 있는 작업복과 절연장갑 등의 절연용 보호구를 지급하여 착용하도록 하지 않았음.

다. 안전조치 권고

○ 해당 전로의 전원 차단 실시

- 활선 또는 활선 근접작업은 아주 위험하기 때문에 원칙적으로 금하고 먼저 정전작업의 가능 여부를 확인하고 적절한 방호조치를 실시하여야 함.
- 작업 시작 전 해당 전로의 차단 및 전로 차단 절차를 준수하고 전로가 완전히 정전되었는지 확인한 후 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 함.

○ 충전전로 접근 한계거리 이내 접근 금지 철저

- 노출 충전부로부터 전압크기에 따른 안전 이격거리를 유지할 수 있도록 적절한 작업 공간을 확보하여 접근 한계거리 이내로 접근할 수 없도록 함.
- 전기적으로 안전한 상태가 아닌 활선 또는 활선근접작업은 적합한 훈련과 기술적 지식 및 경험을 보유한 유자격자*로 사전 작업허가를 받은 근로자에 한해서만 수행하도록 함.

* 「유해위험작업의 취업제한에 관한 규칙」 제3조에 따른 자격, 면허, 경험 또는 기능을 갖춘 사람

※ 재해자는 30년 경력을 보유한 전기공이지만 관련법에서 정한 자격 보유 유무는 확인할 수 없었음.

- 특히, 고압 수배전반의 경우 특정 관리책임자를 지정하여 지정된 관리책임자 외 어떠한 사유에 의해서도 근로자 임의로 개방할 수 없도록 엄격한 안전규정을 마련하여 준수하도록 함.

○ 절연용 보호구 지급 및 착용여부 관리 철저

- 전기 아크에 노출될 가능성이 있는 경우 아크에 의한 화상으로부터의 보호를 위해 난연 성능을 가지거나 방염 처리된 작업복과 고무절연소매, 절연장갑 등 적절한 절연용 보호구를 지급하여 착용지도하여야 함.

○ 전기 작업절차서 마련 및 사전 작업허가제 운용

- 전기 작업 시작 전 작업내용 및 방법, 작업환경에 따른 위험성평가를 실시하여 적절한 안전조치 및 전원차단, 올바른 작업요령, 보호구 등을 포함한 작업계획을 수립하고 해당 근로자에게 알려 예기치 않은 불안전한 상태 및 행동이 발생하지 않도록 관리하여야 함.