

## 비상전원설비의 사고 사례 및 안전대책

### 1. 들어가며

최근 모 금융회사 건물이 비상발전기와 연관된 화재로 인해 해당 업체의 전산시스템이 정지되고 오랜 기간 동안 정상적인 영업이 중지되는 사고가 발생하였다. 비상발전기는 건물의 설비 중 자주 사용하지 않아 유지관리에 소홀하기 쉬운 장치인데, 화재 등의 비상시에 반드시 작동해야 하는 신뢰성이 가장 중요한 설비이기도 하다.

이에 비상전원설비인 비상발전기, UPS 설비와 관련된 화재사례를 살펴보고 유지관리 및 안전대책에 대해 살펴보고자 한다.

※ 이 글에서 소개되는 화재사례는 KFPA 사고DB의 자료로서, 사고장소 및 일자 등은 공개치 않는다.

### 2. 비상발전기 관련 화재사례

#### (1) 사례

##### 1) 비상발전기 배기덕트 단열처리 미흡으로 과열 발화

- 장소: 백화점 내 비상발전기실
- 발화지점 : 지하5층 전기자재 창고 비상발전기 배기덕트
- 사고내용: 전기자재 창고에 설치된 비상발전기 배기덕트 일부지점에 석면처리를 하여 단열을 하여야 하나 단열처리가 되지 못하여 배기가스의 열이 덕트상부에 직접 전달되면서 열이 축적되는 과정에 배기덕트 위에 놓여 있던 가연물에 착화발화 추정
- 원인: 배기덕트 과열 추정

##### 2) 장시간 가동된 비상발전기 연통이 과열되어 배관의 보온재에 착화

- 장소: 마트 내 비상발전기실
- 사고내용 : 최초신고자가 지하 1층의 가전제품 천정에서 연기가 나는 것을 보고 소화기로 자체 진화하였다는 진술을 토대로 조사한 바, 발화지점은 기계 설비가 설치된 천장으로 배관일부만 소실되었고 당일 10시경부터 정전이

되어 비상발전기를 가동하였으며, 천장으로 지나는 발전기 연통과 소실된 배관의 스티로폼 보온재가 접촉되어 있는 점, 기타 특별한 화재요인이 없음.

- 원인: 과열된 연통이 스티로폼 보온재와 접촉되면서 착화 발화된 화재로 추정됨.

### 3) 연도에서 발생한 복사열로 내장재 착화

- 장소: 공장 내부
- 내용: 비상발전기를 생산하여 시험가동 중에 연도에서 발생한 열기가 공장벽에 설치된 보온재에 복사열에 의해 착화발화한 것으로 관계자가 소화기로 초기진화 함
- 원인: 연도와 가연물의 이격조치 미비

### 4) 연료 주입관 주변 누유된 유증기가 착화

- 장소: 대학 실험실
- 사고내용: 인큐베이터, 적재된 종이박스, 발전기 엔진부위의 연소정도가 심한 것으로 보아 발전기 주변이 발화부로 추정되며, 자연과학동 전기안전점검을 하기 위해서 전기전원을 차단 후 항온실험실 내에서 발전기를 작동 중 엔진이 과열된 상태에서 휘발유 주입관의 누유된 유증기가 최초착화 후 옆에 쌓아 놓은 종이 박스에 연소 확대된 화재로 추정됨
- 원인: 누출된 유류를 방치하고 근처에 가연물(종이박스)방치

### 5) 연도 열기로 지붕 가연재 착화

- 장소: 전시장 지붕
- 사고내용: 지붕의 발전기 연도를 중심으로 연소가 진행되었으며, 이 발전기 연도는 가연성지붕과 면하는 부분에서 발화한 연소형태임. 이 가연성지붕은 상부에서부터 철판, 목재합판, 세라크울 소재의 단열재 및 접착제 등으로 구성되어 있다.
- 원인
  1. 발전기 연도와 가연성지붕의 단열 미흡
    - 발전기 연도의 지붕 상부에는 연도의 내관과 외관(슬리브) 사이(약 5cm 이격)에 단열재가 미설치된 상태로서 장시간 발전기 가동 시 연도의 열기에 의해 가연성지붕이 착화될 수 있는 상태임.
  2. 발전기 연도와 가연성 지붕의 충분한 이격 미흡
    - 지붕의 발전기 연도의 내관과 외관(슬리브) 사이에 충분한 단열이 안 된 상

태에서 연도와 가연성지붕이 접한 상태로 설치된 상태로서 연도의 열기에 의해 가연성지붕이 착화될 수 있는 구조임.

## (2) 사례 분석

비상발전기 사고는 대부분 큰 피해 없이 발전기 자체의 고장으로 그치거나 바로 진화되는 경우가 대부분이나, 일부 사례에서와 같이 연도가 뜨거워지고 여기에서 발생한 복사열이 가연성 건축자재를 착화시키고, 이 가연성 내·외장재를 통해 화재가 전파되어 큰 피해가 생기는 경우가 있다. 가연성 벽체를 통한 화재전파로 인한 대형 화재는 2010년의 부산의 우신골든스위트 화재로, 이 또한 4층 전기실에서 발화된 화재가 전파되어 확대된 경우이다. 이 화재사고 2012년부터 불에 타기 쉬운 재료 외벽에 사용을 제한하는 규정<sup>1)</sup>이 생겼으나, 그 이전의 건물들은 대부분 이러한 위험(가연성 내외장재를 통한 화재전파)에 노출되어 있다고 할 수 있다. 따라서 발전기 연도부분의 복사열의 영향을 최소화하기 위한 조치, 즉 불연성 단열재 사용, 벽체와의 이격 등의 조치 등이 현실적으로 가능한 화재예방 방법이 될 수 있다.

## 3. UPS 설비 관련 화재사례

### (1) 사례

#### 1) UPS실에서 과전류 발생으로 인한 화재

- 장소: 대학교 부설 연구소
- 사고 내용

발화시간인 06:40분경 전기실내 중앙감시실에서 근무중이던 전기 용역회사 요원은 10번 특고압 판넬(UPS 전원공급)의 과전류 계전기(OCR) 작동과 함께 경보가 울리는 것을 확인하고 UPS실에 화재가 발생하였음을 인지하였다. 동시에 경

1) 화재확산방지구조([건축물 마감재료의 난연성능 및 화재 확산 방지구조 기준(국토해양부고시 제2012-624호, 2012.9.20)

[제7조(화재 확산 방지구조)] 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」제24조제5항에서 “국토해양부장관이 정하여 고시하는 화재 확산 방지구조”는 수직 화재 확산 방지를 위하여 외벽마감재와 외벽마감재 지지구조 사이의 공간을 다음 각 호 중 하나에 해당하는 재료로 매 층마다 최소높이 400mm 이상 밀실하게 채운 것을 말한다.

1. 한국산업표준 KS F 3504(석고 보드 제품)에서 정하는 12.5mm 이상의 방화 석고보드
2. 한국산업표준 KS L 5509(석고 시멘트판)에서 정하는 석고 시멘트판 6mm 이상인 것 또는 KS L 5114(섬유강화 시멘트판)에서 정하는 6mm 이상의 평형 시멘트판인 것
3. 한국산업표준 KS L 9102(인조 광물섬유 단열재)에서 정하는 미네랄울 보온판 2호 이상인 것
4. 한국산업표준 KS F 2257-8(건축 부재의 내화 시험 방법-수직 비내력 구획 부재의 성능 조건)에 따라 내화 성능 시험한 결과 15분의 차연성능 및 이면온도가 120K 이상 상승하지 않는 재료

보음을 듣고 UPS실에 화재가 발생하였음을 인지한 철야근무중이던 기계실 요원 외 2명은 현장으로 달려와 UPS실로 진입되는 전기, 도시가스 등의 위험요소를 제거하는 한편, 비치된 소화기로 초기 진화작업을 시도하였다. 이때 UPS용 축전지설비는 케이블 단락 현상으로 과전류 계전기가 초기에 동작하지 못했다. 초기 진화작업이 어려워지자 UPS실 출입문을 다고 할로겐화합물 소화설비를 수동으로 동작시킨 후 진화여부를 확인하였으나 완전 진화되지 못했다. 이때 할로겐화합물 소화설비는 증설공사 관계로 용접작업을 실시하였던 바 연기발생으로 인한 감지기의 동작을 피하기 위해 수동으로 유지하였기 때문에 자동 동작할 수 없었으며, UPS실 출입구 옆에 설치된 수동 조작버튼을 눌러 동작시켰다. UPS실 내에는 할로겐화합물 소화설비의 분무헤드가 지름 32mm 배관에 3개 연결되어 있었으며, 50kg 용기 2개가 개방되었다.

- 발화원인: 발화원인은 불명
- 피해확대 원인: 할로겐 소화설비 수동 관리로 인해 초기소화 실패

## 2) UPS 실 내부 물건 적재 등으로 열축적되어 과열로 인한 화재

- 장소: 대학교 컴퓨터실
- 사고 내용: OO대학교 공학관 3층 컴퓨터실 내부에 구획된 실에 있는 무정전전원장치(UPS)에서 발생한 것으로 최초목격자에 의하면 비상벨소리에 확인해보니 무정전전원장치(UPS)에서 불꽃이 보여 신고함.
- 원인: 현장 조사한바 무정전전원장치(UPS)상단부만 소실되었으며, UPS는 24시간 상시 가동되는 것으로 열을 많이 발생하고 것이고, UPS 좌우, 후면과 위에도 물건들이 쌓여 있어 통풍이 되지 않아 내부열을 충분히 발산하지 못하여 UPS 내부에서 과부하로 발화되었을 것으로 추정.

## 3) UPS 실 습기로 인해 화재발생

- 장소: 통신회사
- 사고내용: 목격자에 따르면 화재경보기가 작동하여 확인하니 연구동 지하층 ups실에서 연기발생을 목격하였다고 한다. UPS는 276개의 배터리 중 좌측 중간의 배터리 연결 고정용 금속(+/-)의 잔해물이 바닥에 떨어져 있음
- 원인: 배터리 간 연결 +/- 양단자 부위에 습기 및 물기로 인해 스파크가 발생하여 발화된 것으로 추정됨.

### (3) 사례 분석

대부분의 UPS실 사례는 UPS실의 유지관리 부족의 문제로 보인다. UPS실 특성

상 지하실에 위치하고, 그 중에서도 가장 깊숙한 곳에 위치하기 쉽고, 딱히 구동장치가 없는 전자장치인 관계로 유지관리의 손길이 닿기가 쉽지 않다. 따라서 해당 장소의 통풍, 습기 등의 문제로 인한 과열, 단락 등의 원인이 생길 가능성이 있어 이로 인한 사고위험에 노출되어 있다.

### 3. 유지관리 및 안전대책

#### (1) 비상발전기

비상발전기는 정기적인 점검 및 운전시험이 필요한 설비이다. 따라서 정기적인 시험운전 및 유지관리가 필수이며, 한국전기안전공사에서는 비상용 발전기 점검표를 아래와 같이 제시하고 있다.

비상용 발전기 점검표(한국전기안전공사 자료)

점검항목  점검일자 : 201 . . .

구분	세부사항		○/X	부적합 내용		
평상시 점검항목	1. 연료계통의 적정여부(연료 확보 등)					
	2. 윤활계통의 적정여부(엔진오일 적정량/교환 등)					
	3. 냉각계통의 적정여부(냉각수 적정량/교환 등)					
	4. 배기설비상태 적정여부					
	5. 축전설비 적정여부(배터리 충전 및 설치상태)					
	6. 운전 중 엔진의 운전상태 이상 유무(소음 등)					
운전 중 점검항목	7. 지시계기 이상 유무(압력, 온도, 속도계 등)					
	8. ATS 절체상태(수동/자동)이상 유무					
	9. 승강기(엘리베이터) 비상전원 공급여부 (비상용 예비발전기와 연결된 승강기 대수)		(대)			
기 타	10. 상기 항목외의 점검사항(점검자 수기입력 가능)					
금회 점검시 측정 사항						
발 전 기 운전상태 점검	출력전압	[V]	부 하 운전시간	[분]	부하 전류	[A]
			무부하 운전시간	[분]		
기 타 사 항	가. ATS를 자동으로 사용하지 않고 수동으로 사용하는 경우 그 이유는? 나. 부하운전을 실시하지 못하는 이유는?					

그런데 비상 발전기가 설치된 국내의 많은 사업장에서는 주기적으로 무부하 테스트만 실시하고 있다. 그러나 비상 발전기를 오랜 기간 동안 무부하 테스트만 실시할 경우 Wet stacking 으로 인한 성능저하가 발생하게 된다.

Wet stacking은 디젤 엔진을 무부하 또는 적은 부하로 장기간 운전할 경우 발생되며, 이는 불완전 연소된 연료 찌꺼기가 배기밸브 축 (exhaust valve stem) 에 축적되게 하는 원인이 된다. 이러한 축적물들이 딱딱하게 굳어 레진처럼 되면, 밸브 작동에 방해가 되거나, push rods를 휘게 만들거나, 또는 다른 기계적 손상의 원인이 될 수 있다. 이러한 문제는 디젤엔진이 충분한 시간 동안 가동되지 않아 엔진온도가 Wet stacking을 피할 수 있는 온도에 미치지 못했을 경우에도 발생할 수 있다.

또한 만약 발전기가 무부하 또는 낮은 부하에서만 테스트 될 경우, 단지 기동 배터리, 배터리 충전기, 기동모터 그리고 연동 스위치만 실질적으로 테스트 할 수 있다. 그로 인해 발전기가 정상운전 시 또는 최악의 상태에서 기동시킬 경우 정상작동을 보장할 수 없게 된다.

이러한, 문제를 예방하고 필요 시 중요 비상발전기가 제대로 동작하게 유지하기 위해서는 월 1회 발전기의 명판에 표시된 정격의 30 % 또는 제조사에서 권장하는 최소부하를 걸어 부하테스트를 30분 이상 실시하여야 한다.2) 아래의 참고자료 3에서 보면 1년에 한번씩은 100% 부하 가동시험을 하도록 권장하고 있다.



[참고자료 1] wet stacking의 영향  
(출처: total power information sheet #10)

2) 언더라이터와 서베이어를 위한 기업휴지보험의 이해(KFPA)



[참고자료 2] 발전기 시험시 부하를 걸기 위해 사용하는 이동식 부하테스터기

[참고자료 3] 비상발전기 점검 체크리스트(Hartford steam boiler 사 권장 )

주간 검사	보수(필요시)	Pass/Fail
Visual inspection of unit-leaks, wear, damage, loose connections/components, corrosion 누출, 마모, 손상, 헐거워진 부분, 부식	교정	
Check engine oil level 엔진오일 양	조정	
Check engine coolant level 엔진 냉각수 양	조정	
Check fuel delivery system- leaks, pressure 연료 전달시스템 (누출, 압력)	연결부 조임	
Check air inlets /outlets for debris 급, 배기부에 먼지 또는 장애물	청소	
Check battery charger-verify operation 배터리 충전기 및 작동 검증	조정	
Return the unit to standby setup for operation 가동을 위한 대기상태로 세팅	필요시	

월간 검사	보수(필요시)	Pass/Fail
Check engine coolant thermal protection level 엔진 냉각수 열 보호 수준	교정	
Check gearbox oil level(if equipped) 기어박스 오일 수준	조정	
Check battery electrolyte level and specific gravity(where appropriate) 배터리 전해액 액 및 비중	조정	
Check battery posts, cables, and charger-connections, corrosion, proper operation 배터리 포스트, 케이블, 충전 연결부의 부식 및 적합 동작	교정	

Check wiring-connections, corrosion, damage 배선-연결부 부식 및 손상	교정	
Check engine drive belts, fan coupling device-tension, wear, weather cracking, damage 엔진 구동벨트, 팬 커플링 장치 장력, 마모, 균열, 손상	교정	
Automatic start and transfer to a load bank(or site load). Exercise for at least 30 minutes at a min. capacity of 30% of the nameplaterating. Check for leaks, connections, components, abnormal operating conditions 자동기동 및 부하전달 <b>최소 30분 이상 정격부하의 30% 이상 부하로 작동</b> 누출, 연결부, 부속, 비정상 작동조건	교정	

연간 검사	보수(필요시)	Pass/Fail
Engine oil and filters 엔진오일 및 필터	교체	
Gearbox Oil(if applicable) 기어박스 오일	교체	
Drivebelts, fan coupling device for tension, wear, weathercracking, damage 구동벨트, 팬 커플링 장치의 장력, 마모, 균열, 손상	교체	
Clean and re-cap spark plugs 스파크 플러그 청소 및 Re-cap	교체	
Engine air filters 엔진 공기필터	교체	
Automatic start and transfer to a load bank(or site load).Exercise it for at least 1 hour at 100% of the nameplate capacity. Check for leaks, connections, components, abnormal operating conditions 자동기동 및 부하전달 <b>최소 1시간 이상 정격부하 대비 100% 부하로 구동</b> 누출, 연결부, 부속, 비정상 작동조건	교정	

**(2) UPS**

UPS실의 점검은 전기설비로서 전문적인 안전점검을 수행하는 것이 좋다. 각 설비 제조사별로 상세하게 주기적 점검을 하도록 매뉴얼이 있으나, 일반적인 관리자가 이를 수행하기는 쉽지 않다. 따라서 현실적으로 수행할 수 있는 최소한의 점검내역은 아래와 같다.(미국 건물설비유지관리 네트워크(facilities net 자료)



- 분기별 점검:  
연결부가 느슨해진 부분이 있는지, 단열재가 타거나 열화된 흔적이 있는지 본다.
- 반기별 점검  
배터리나 콘덴서에 의해 액체오염이 발생했는지 본다.  
UPS 외함을 깨끗이 하고 진공청소기로 청소한다.  
온도와 습도에 영향을 주는 공조설비가 제대로 작동하고 있는지 검사한다.
- 연간 점검  
열화상카메라로 전기연결부위를 검사해서 열발생 부분이 있는지 체크한다.

#### 4. 맺으며

비상전원설비는 그 중요성에 비해 관리가 소홀하기 쉬운 장비로, 너무 오랜 동안 방치할 경우 결국 중요한 순간에 제 성능을 발휘하지 못할 가능성이 있다. 특히 전산실, 통신실 등 비상발전설비의 신뢰성이 100% 필요한 곳에서 문제가 발생시, 영업의 일시적인 정지로 인한 피해는 일상적인 화재피해액의 범위를 훌쩍 벗어나 기업휴지손실, 배상책임, 브랜드 이미지 타격 등으로 인해 무척 클 수 있다. 따라서 정기적인 유지관리 점검만이 그러한 손실을 막을 수 있는 유일한 방안임을 주지함이 안전관리의 최선의 길이라 여겨진다.

기고 : 조사연구팀 과장 유호정

※ 흑백 인쇄로 인하여 잘 보이지 않는 도표는 협회 홈페이지(kfpa.or.kr)에 로그인 후 지식창고 - 발간자료 - 위험관리정보에서 PDF로 확인 가능합니다.