

# UPS(무정전 전원 장치)의 관리방법 및 사고사례 분석(下)

글 | 최충석 한국전기안전공사 전기안전연구원 재해예방연구그룹장, 공학박사



(지난 호에 이어서)

## 3. 통신용 중계기의 사례분석

### 가. 개요 및 구성

(그림 5)는 사고 현장에서 수거한 통신 중계기의 기본 구성 요소를 나타낸 개략도이다. 전원은 3상 4선식(3 $\phi$  4W) 380[V] 또는 단상 220[V]를 주 전원으로 공급받도록 되어 있는 회로이다. 현장은 3상 380[V]를 공급받도록 결선되어 있었다. 상용 전원을 정류기(Rectifier, AC/DC)를 이용하여 DC 27[V]로 강압 변환한 후 축전기(Battery $\times$ 2EA)에 충전이 되도록 설계되어 있다. 축전기에서 2중 배선으로 양쪽에 동대(銅帶, BUS BAR)를 설치하여 분기 방식으로 각각의 요소에 에너지를 공급하였다. 각각의 요소에 공급된 전압은 +5[V], +3.3[V],  $\pm$ 12[V] 등이며, 배선은 트레이 또는 선반을 이용하여 수납되어 있다. 요소 단위별 전원 공급은 양쪽에 설치된 DC/DC 변환기를 이용하여 필요한 전압으로 공급되도록 설계되어 있다. 유닛의 구성은 총 23종이며, 총 소비 전력은 609[W]이다. 요소별 소모되는 에너지 차(gap)가 큰 것으로 판단된다. 가장 큰 소비 전력은 정류기로 160[W]를 나타내고 있으며, 3 $\phi$  380V, 27V/60A(AC/DC)로 설계되어 있다.

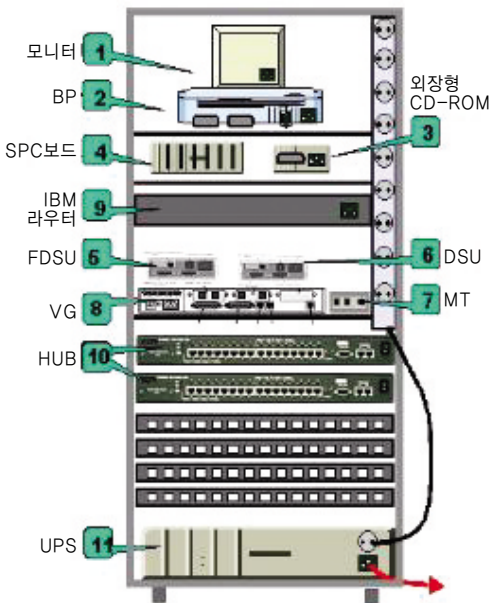
설계 변경에 따른 어려움이 예상되거나 에너지 변환에 따른 열 발생(손실)이 예상되므로 환기팬을 정류기 또는 축전기가 설치되어 있는 하단에 설치하는 것이 시스템의 방열 효과 및 안전성 측면에서 유리할 것으로 판단된

● 화재 원인 조사 실무 ●

UPS(무정전 전원 장치)의 관리방법 및 사고사례 분석(下)

다. 각각의 요소에 공급된 전원은 전반적으로 차단 거리를 확보한 것으로 보이며 전선의 배선, 수납, 배열 등에 의한 위험 요소는 희박한 것으로 판단된다. 사용된 전선은 난연성 또는 불연성 재료가 사용된 것으로 판단된다. 이와 같은 전선이 사용되었다 하더라도 장시간 열화(劣化)가 진행되고 전원이 지속적으로 공급되는 상황에서는 비록 난연재료, 불연 재료라 하더라도 화재로 확산되는데 무리가 없다.

정류기 및 축전기 등에 사용된 전선, 연결 단자(압착단자), 접속기 등은 어떤 것이 사용되었는지 판단할 수 없다. 에너지 변환은 발열이 반드시 있으므로 여유 계수를 확보하는 전선의 사용을 권장하며, 연결 단자는 무산소동을 사용함으로써 아산화동의 증식과 같은 산화 반응을 억제할 수 있을 것으로 판단된다.



● 그림 5 ● 통신 중계기의 구성 요소

나. 통신 중계기의 화재 패턴 분석

[사진 1]은 통신 중계기 외함 상부의 실제 사진을 나타낸 것이다. 소손된 형태에서도 알 수 있듯이 내부에서 외부로 화염이 진행된 형태를 보이고 있으며, 비교적 약한 화염에 장시간 그을린 형상을 보이고 있다. 그러나 불꽃이 수반된 강한 화염에는 직접적으로 노출되지 않은 것으로 판단된다.

[사진 2와 3]은 통신 중계기 외함의 전면과 후면의 실제 사진을 나타낸 것이다. 외함 전면(사진 2)의 경우 오른쪽



● 사진 1 ● 통신 중계기의 외함 상부

쪽의 환기창이 왼쪽의 환기창보다 그을음에 많이 오염되어 있음을 알 수 있다. 외함 후면(사진 3)은 왼쪽 환기창이 오른쪽의 환기창보다 그을음이 많이 오염되어 있으며, 바닥 면 기준 약 1/3 지점에 탄화 심도가 성장되었다. 즉 일반적인 화염의 확산 패턴을 적용하면 내부의 화염은 오른쪽(전면 기준) 하단에서 성장된 것으로 판단된다.

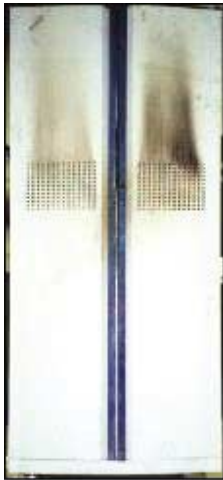
[사진 4와 5]는 통신 중계기 외함(전면 기준)의 좌측과

우측의 실체 사진을 나타낸 것이다. 외함 좌측(사진 4)의 경우 왼쪽 하단과 오른쪽 중앙 부분에 탄화 심도가 형성되어 있는데 왼쪽 하단의 탄화는 외함 포장지의 소손에 의한 것으로 판단되며, 실질적인 탄화 심도는 오른쪽 중앙의 것으로 판단된다. 외함 우측(사진 5)의 경우 오른쪽의 하단 약 1/3 지점에 탄화 심도가 형성되었다. 즉 일반적인 화염의 확산 패턴을 적용하면 화염은 외함 우측(사진 5)의 하단에서 성장된 것으로 판단된다. [사진 6]은 통신 중계기 내부의 후면 실체 사진이며,

에서도 알 수 있듯이 내부에서 외부로 화염이 진전된 형태를 보이고 있으며, 장시간 화염에 노출되었음을 알 수 있다.

#### 다. 결론

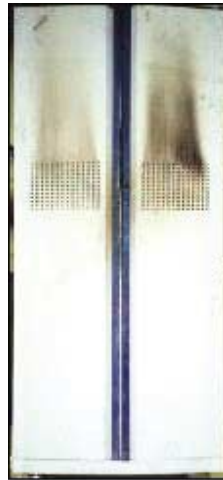
- (1) 통신중계기 외함 상부(사진 1)의 화재 패턴을 분석한 결과 내부에서 외부로 화염이 진전된 것으로 판단된다.
- (2) 일반적인 화염의 전달에 따른 탄화심도를 적용한 경우 화염의 진전은 통신 중계기 하단(바닥 면 기준 약



● 사진 2 ● 외함 전면



● 사진 3 ● 외함 후면



● 사진 4 ● 외함 좌측



● 사진 5 ● 외함 우측

[사진 7]은 [사진 6]의 아래를 확대한 것이다. 화염의 확산 속도를 고려한 분석에서 화재는 하단에서 발생하여 상부로 진전된 것으로 판단된다. 내부에 설치된 부품들은 열에 의해 심하게 소손되었으며, 용융되어 흘러내렸음을 알 수 있다. 또한 [사진 7]을 분석해 보면 탄화심도가 정류기 및 축전기 몸체에도 형성된 것이 확인된다. [사진 8]은 통신 중계기 내부에 설치된 정류기 및 축전기 외함의 상부를 나타낸 실체 사진이다. 소손된 형태

1/3 이하)에서 시작된 것으로 판단된다.

- (3) 불꽃을 수반하지 않은 연소는 약 2시간 이상 진행된 것으로 판단되며, 불꽃의 발생에 따른 화염의 확산은 약 20~40분 지속된 것으로 추정된다.
- (4) 화재가 발생했을 때 통신 중계기의 문은 모두 닫혀있었던 것으로 판단된다.
- (5) 통신 중계기 내부의 화재 패턴을 분석한 결과 화재는 바닥 면 기준 약 1/3 이하에서 발생한 것으로 판단된다.

● 화재 원인 조사 실무 ●

UPS(무정전 전원 장치)의 관리방법 및 사고사례 분석(下)

(6) 통신 중계기 후면의 화재 패턴 분석에서 하단 부의 정류기 및 축전기 외함의 상부(사진 10)에 브이 패턴(V-Pattern)이 형성된 것으로 판단된다. 또한 전선, 기판, 트레이, 선반 등 내부에 설치된 부품들이 용융되어 흘러내린 흔적을 확인할 수 있다.

- 정류기 및 축전기 외함의 상부에 V-Pattern(브이 패턴)이 형성된 것으로 판단되며, 약 2시간 이상 열화(劣化)가 된 것으로 추정된다.
- 통신 중계기 내부의 약 1/3 이상에 설치된 부품들은 화재와 직접적인 관련성이 희박한 것으로 판단된다.

사용하는 경우 절체 시험을 검증하는 것이 서지에 대한 신뢰도를 높일 수 있다.

**마.** 주위가 한적한 공장, 해안지역, 기류 변화가 심한 곳인 경우에는 낙뢰 등의 서지에 대한 보호 시설을 해야 한다.

**바.** 배선은 가능하면 유연성이 좋은 전기기용 비닐절연전선(KIV)를 이용하는 것이 좋으며, 비닐절연전선(IV)는 유연성이 좋지 못하여 반단선, 단락 등이 발생하기 쉽다.

**사.** 주파수 환기로 사용하는 UPS는 다음과 같은 부분이 충분히 고려해야 한다.



● 사진 6 ● 후면 내부



● 사진 7 ● 후면 내부 하단



● 사진 8 ● UPS 상부의 탄화 패턴

4. UPS 선정 시 고려 사항

**가.** 대용량의 1대 보다는 중간 용량의 2대를 설치하는 것이 좋다.

**나.** UPS는 용량의 크기에 관계없이 입력은 3상 전원을 사용하는 것이 역률, 효율 등 전력 운용의 탄력성이 좋다.

**다.** 낙뢰의 발생이 빈번한 지역은 그에 대한 방호시설(SPD system)을 해야 한다.

**라.** UPS 입력에 ATS(Automatic Transfer Switch)를

(1) 부하 내량은 1.5~3배 이상 확보해야 한다.

(2) 발전주파수의 정확도를 확보해야 한다.

**아.** 생산현장의 주 전원으로 사용하는 경우에 다음과 같은 부분을 충분히 고려해야 한다.

(1) 반도체 소자(Main Module)의 용량은 1.3배 이상을 유지할 수 있도록 하고, 과부하 내량은 150[%] 이상 확보하는 것이 설비 운용의 신뢰성을 높일 수 있다.

(2) UPS의 설치는 생산현장 내에 설치함으로써 전력손



실을 최소화할 수 있다.

(3) 출력 전압은 상(相)에 관계없이 높을수록 시스템 운용이 유리하다.

(4) 출력 배선은 한곳에서 분기하지 말고 분전함을 설치하여 분배하는 것이 좋다.

(5) 근로자 또는 엔지니어 등의 접촉에 의한 안전사고에 각별한 주의가 요망된다.

## 5. 맺음말

### 가. 전원선 및 내부배선의 정리정돈

상용 전원을 공급받아 27·24·12·6·5·3V 등 다양한 전압으로 변환(AC/DC 또는 DC/AC) 등 다양한 전원이 활용되어 적은 균열, 오염, 뒤틀림 등이 사고로 진전될 수 있으므로, 에너지 균형이 되도록 회로를 배치하고 운용하는 것이 설비 수명의 연장은 물론 신뢰성을 높일 수 있다.

### 나. 정기 검사를 할 때 통신 중계기 상단을 청결히 할 것

통신 중계기는 집중 부하로 설계된 대표적인 기기이다. 즉 기기 내부의 전력 변환이 많으므로 그에 따른 발열량도 크다. 따라서 방열(放熱)이 잘 되도록 상부에 환기팬이 설치되어 있으므로 작동 및 청결 상태를 확인해야 사고를 예방할 수 있다.

또한 정기적인 청소가 요구되며, 청소에 사용되는 도구는 마른 헝겊, 에어 건(air gun) 등을 이용하여 무리가 가지 않도록 해야 한다. 물수건 또는 기름 헝겊 등을 사용하는 경우 일시적으로 청결을 유지할 수 있으나 제품 열화(劣化)의 결정적인 원인이 된다.

### 다. 정류기 및 축전기의 방열을 효율적으로 할 것

설계 변경에 따른 어려움이 예상되거나 에너지 변환에 따른 열 발생(손실)이 예상되므로, 환기팬을 정류기 또는 축전기가 설치되어 있는 하단에 설치하는 것이 시스템의



방열 효과 및 안전성 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

### 라. 개폐구(외함)를 불필요하게 열어놓지 말 것

전·후·좌·우측 문, 하·상부 등이 불필요하게 열려 있거나 틈이 지나치게 큰 경우 환기에는 유리할 수 있으나, 바퀴벌레, 거미, 쥐의 배설물, 먼지 등에 의해 오염 가능성이 높다.

### 마. 적절한 이격거리 및 예방 장치 설치

통신 중계기를 설치할 때 벽, 후면 등과 충분한 이격 거리를 확보해야 한다.(권장 이격 거리 10[cm] 이상) 또한 통신 중계기가 설치된 곳 바로 상단에 화재경보기와 같은 예방 또는 경보 장치가 설치되어야 조기에 사고를 차단할 수 있다. (☞)