

IEC 62305-5 : 인입설비의 뇌보호

장석훈 (한국전기연구원 전력연구단 선임연구원)

1 서 론

뇌방전에 의한 건축구조물 소손 및 인축의 상해사고가 계속 발생하고 있다. 최근에는 국내에서도 기상이변과 더불어 낙뢰발생 빈도가 증가하는 추세이며 이와 함께 전기전자설비의 소손사고도 급증하고 있다. 이와 같은 낙뢰 사고로 인한 통신, 전력, 수도, 가스시스템과 같은 서비스의 중단은 경제적으로 막대한 손실을 초래하므로 이를 보호하기 위한 국제적인 규격이 필요하다.

IEC 62305-5는 IEC TC81 위원회에서 2004년 제안되어 현재까지 문서가 작업 중에 있다. 본 규격에서는 통신선로, 전원선로, 배관선로와 같은 서비스 시스템의 뇌보호 대책 설계 및 시공에 대한 정보를 제공하고 있으며 보호대책 대상은 선로장비, 선로단말장

치와 같이 구조물 외부에 있는 다음과 같은 장비를 대상으로 한다.

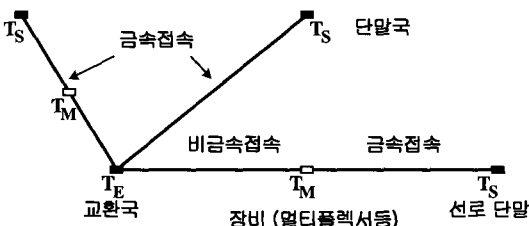
- 멀티플렉서, 파워앰프, 광통신유니트, 단말장치
- 차단기, 과전류 보호장치, 미터
- 제어장치, 안전장치 등

2. 서비스 시스템의 구성

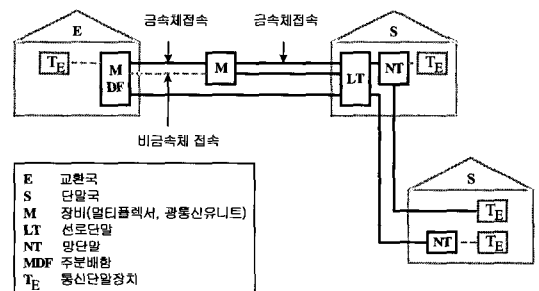
2.1 통신선로

통신선로는 아래와 같은 여러 종류의 케이블로 구성되며 그림 1에 구성 예를 나타내었다.

- 지중 또는 가공 케이블
- 차폐 또는 비차폐 케이블
- 절연지 또는 합성수지 절연 케이블



(a) 통신소와 선로단말 및 설비간의 선로구성 예

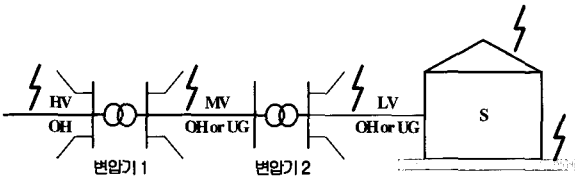


(b) 통신선로의 접속 예

그림 1. 통신선로 구성 예

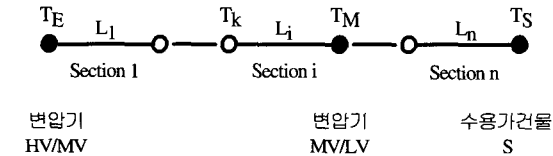
2.2 전원선로

전원선로는 지중 또는 가공 케이블, 차폐 또는 비차폐 케이블로 구성가능하며 그림 2와 같이 고압송전선로, 배전선로를 통해 수용가까지 연결된다.



HV = High Voltage > 100[kV]
 MV = Medium Voltage
 LV = Low Voltage < 1[kV]
 OH = Overhead, UG = Underground

(a) 고압 변전소와 수용가와의 연결



T_E : 서비스 제공자 구조물에 있는 변이점
 T_S : 서비스 수용자 구조물에 있는 변이점
 T_M : 서비스 망 장비에 있는 변이점

(b) 선로의 구분

그림 2. 전원선로의 구성

3. 통신선로의 보호대책

통신 및 신호선로에는 간접뇌 및 직격뇌에 의해 설비의 고장이 생길 수 있으므로 이를 줄이기 위한 보호대책이 적용되어야 한다.

3.1 금속 도체로 구성된 통신선로 대책

3.1.1 간접뇌 대책

통신선로의 간접뇌에 의한 피해를 줄이기 위해서는 가공선로를 지중선로로 대체, 차폐케이블의 사용, 서

지보호기(이하 SPD : Surge Protective Devices)의 적용 및 임펄스 내전압이 높은 케이블을 적용하는 방법 등이 있다. 이와같은 방법을 통해 케이블의 절연파괴를 억제할 수 있으며 통신선로에 연결된 장비의 소손을 줄일 수 있다. 그러나 케이블의 종류 및 설치조건이 이미 확정된 경우에는 SPD를 사용하여 보호대책을 수립하는 것이 유일한 방법이다.

1) 차폐계수(Shielding factor ; K_s)

접지/분당된 차폐케이블을 사용하면 통신선로로 유도되는 뇌서지를 감소시킨다. 이러한 감소는 차폐계수로 나타낼 수 있으며 이것은 0(완전차폐)과 1(비차폐) 사이의 값이다. 차폐계수를 평가하기위해 실드는 모든 차폐된 영역에서 연속적이어야 하며 양 끝단을 분당바에 접속하여야 한다.

2) SPD의 사용

SPD는 차폐케이블과 비차폐 케이블의 접속점, 건물의 인입점, 가공선로와 지중선로의 연결점 등과 같이 전자기적 환경이 급격히 변화되는 지점에 설치되어야 한다. 또한 절연내력이 다른 케이블의 접속점, 통신선로와 선로에 연결된 장비의 접속부와 같이 절연 내성의 차이가 큰 지점에도 SPD가 적용되어야 한다. 이러한 SPD가 요구되는 지점을 변이점(Transition point)으로 정의한다.

(a) 통신선로 말단 (T_E , T_S point)

SPD는 케이블 도체와 등전위 분당바(이하 EBB : Equipotential Bonding Bar)사이에 설치되어야 하며 차폐 케이블의 경우 차폐층도 접지시스템에 연결된 등전위 분당바에 접속되어야 한다. 구조물에는 AC전원 및 통신케이블의 인입설비에 최대한 근접한 곳에 EBB를 설치해야 한다. SPD를 EBB에 접속시 0.5(m)로 제한하며 루프가 형성되지 않도록 한다. SPD의 설치 예를 그림 3에 나타내었다. TT/IT 전원계통에서는 중성선도체에도 SPD를 적용해야 한다.

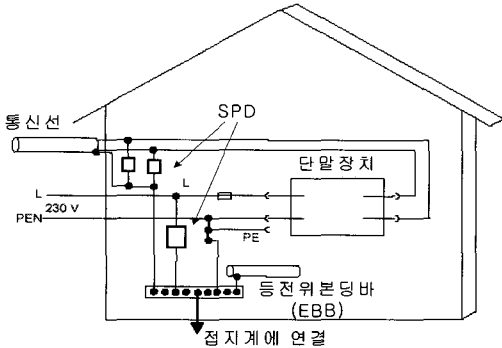


그림 3. 건물내의 SPD 설치 예 (TN-C-S, TN-C)

(b) 통신선로 (T_K , T_M point)

차폐케이블의 도체들과 차폐층사이 및 멀티플렉서 또는 광 교환기와 같은 선로장비의 인입부에 SPD를 설치해야 한다. 이 때 SPD에 의해 제한되는 전압은 케이블의 도체와 차폐층 사이의 절연파괴전압 보다 낮아야 하며 아래의 두가지 방법이 사용가능하다.

① T_E 지점에 SPD를 설치하며 SPD에 의해 보호되는 선로의 길이는 다음 식과 같다.

$$L_P = \frac{(U_b - U_{SPD}) \times T_1}{2 \times U_b} \times v$$

U_b : 케이블의 도체와 실드간의 임펄스 절연파괴 전압 (지절연도체 : 1.5(kV), 플라스틱절연도체 : 5(kV))

U_{SPD} : SPD의 임펄스 절연파괴전압(약 500(V))

T_1 : 파두시간 (과전압은 10(μ s), SPD동작시 1(μ s)로 상정)

v : 서지전압 전파속도 (200(m)/(μ s)로 상정)

② 절연파괴전압이하로 전압강하를 줄이기 위해 변이점(T_K)에서 실드를 접지에 연결한다.

SPD를 EBB에 연결하는 본딩도체는 과전류에 대해 내성이 있어야 하며 도체의 최소단면적 S_{min} 은 다음 식을 만족하여야 한다. 어떤 경우에도 단면적은 통신선 도체 한쌍의 전체 단면적보다 커야 하며 본딩

케이블이 한개인 경우 1.2(mm²)이상 이어야 한다.

$$S_{min} \geq nI_i/8$$

$$S_{min} \geq I_f/8$$

S_{min} : 최소단면적(mm²)

n : 통신선에 연결되는 SPD 수

I_i : 통신선도체에 유도되는 과전류(kA)

I_f : 뇌전류(kA)

3.1.2 직격뇌 대책

지중선로를 보호하기 위해서는 전기도금된 차폐선, 뇌보호케이블, 금속관, 케이블 덕트 등을 사용하는 방법이 가능하다.

가공선로에 대해서는 차폐성능을 향상시키기 위해 금속지지선을 사용하거나 가공 케이블의 전체 또는 일부를 지중선로로 대체 및 가공 케이블을 비금속성 전송시스템(광케이블 또는 무선장치)으로 교체 하는 것을 고려할 수 있다.

3.1.3 구조물 인입 통신선로의 직격뇌 대책

건축물에 대한 직격 뇌전류는 건축물의 접지시스템 뿐만 아니라 건축물에 인입하는 서비스 시스템을 통해 흐르므로 뇌전류의 일부가 통신선로의 케이블 외장 및 케이블 도체로 흐를 수 있다. 이러한 전류가 케이블 외장(Sheath)의 절연파괴 전류(I_S) 보다 크면 케이블의 도체와 외장사이에 절연파괴가 발생할 수 있으며, 고장전류(I_C)보다 크면 온도상승을 유발하여 도체를 용단시키거나 도체간 절연 소손이 발생할 수 있다.

위험지수(R_B)가 피보호대상이 견딜 수 있는 한계 위험지수(R_T : Tolerable risk)보다 크면 통신선로는 보호대책을 적용해야 한다(IEC 62305-2 참조).

뇌보호 케이블, 금속관, 케이블 덕트, 차폐선 등 이용하여 보호대책을 적용하면 구조물로 인입되는 통신선로를 직격뢰로부터 보호할 수 있다. 보호대책 적용

시 빌딩 인입구 같은 굴곡부에서는 단단한 강관을 용접이나 플랜지로 연결된 유연한 금속관으로 대체할 수 있다. 그림 4에 통신선로의 보호대책 예를 나타내었다.

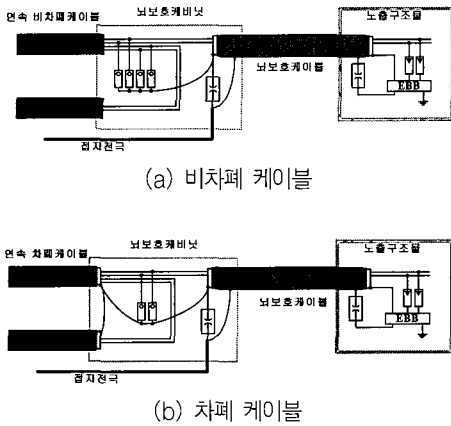


그림 4. 통신선로의 보호대책 예

3.2 광 케이블로 구성된 선로의 보호대책

일반적으로 광섬유 케이블은 코어와 외장의 재질에 따라 A, B, C, D로 구분하며 금속제 외장이 있는 케이블은 적절한 보호 대책이 적용되어야 한다.

광 케이블의 금속요소는 케이블의 길이에 대해 전기적 연속성을 유지해야 하며 케이블의 말단에서 등전위 본당바(EBB)에 직접 연결하거나 SPD를 이용하여 접속되어야 한다. 수용가 빌딩의 EBB를 사용할 수 없을 때에는 광케이블의 금속요소는 광 네트워크 단말기 내부에서 설치된 EBB에 연결되어야 한다.

이러한 금속요소를 가지는 광케이블의 보호대책은 다음과 같다.

- 비금속체 케이블로 교체
- 고장전류에 대한 내성이 우수한 케이블 선정
- 차폐선 사용(지중 케이블용)
- 지지선 사용(가공 케이블용)
- 선로를 따라 금속외장을 접지(가공 케이블용)
- 금속요소에 SPD 사용

그림 5에 보호대책 예를 나타내었다. 케이블의 금속요소는 EBB에 직접 혹은 SPD를 통해 접속한다.

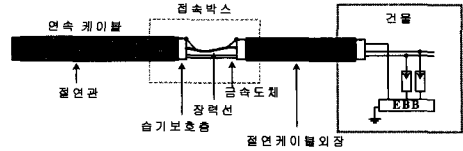


그림 5. 광케이블 선로의 금속요소의 연결 예

1) 지중 및 가공 설치를 위한 케이블 특성 선정
 각 케이블은 고장전류 I_a 에 대한 특성값이 있으며 IEC 62305-2 Annex D에 따라 계산할 수 있다. 케이블 선정시 고장전류 I_a 의 특성값을 고려하여야 하며 물리적 고장의 위험(R_i)의 계산에 사용된다.

2) 지중 케이블에 대한 차폐선 사용

차폐선을 사용하여 지중 매설된 케이블의 고장을 줄일 수 있다. 뇌격전류의 일부가 차폐선을 통해 분산되므로 케이블에 영향을 미치는 전류가 줄어든다.

3) 절연체 또는 비금속 케이블로 교체

금속요소가 없는 케이블은 낙뢰에 직접적으로 영향을 받지 않는다. 그러나 지중케이블의 경우 수분침투시 케이블의 내성이 감소되고 유지보수가 어려운 점을 고려해야 한다. 동일한 관내에 있는 금속 케이블은 직격뢰에 의해 노출될 수 있으며 그 결과 광케이블 또한 파손될 수 있다. 따라서 수목에 근접하게 설치하거나 금속도체와 병기될 때에는 주의하여야 한다.

4. 전원선로에 대한 보호대책

대상선로는 그림 2의 MV선로(1~100(kV)), LV 선로(1,000[V] 이하)이며 전원선로에 대해서는 다음의 보호대책을 적용하여야 한다.

- 가공대신 지중으로 설치
- 차폐 케이블을 이용하여 차폐성능을 향상시킴
- SPD 사용

- 뇌보호용 금속지지선 사용

이러한 보호대책을 적용하면 케이블의 절연과피 및 선로구성소자 또는 전원선에 연결된 장비의 고장을 줄일 수 있다.

4.1 MV 선로에 대한 보호대책

4.1.1 MV 선로의 특성

MV선로 구조물은 인접한 다른 구조물(주택, 수목)보다 길고 높기 때문에 일반적으로 저압선로보다 낙뢰에 더 노출되어 있다. 선로에 영향을 미치는 낙뢰의 발생수는 그 지역의 뇌우일수에 의존한다. MV시스템을 통한 서지의 전파특성은 시스템의 물리적 구조에 따르며 특히 과전압 보호소자의 설치와 관련이 있다. 큰 뇌서지는 일반적으로 선로에서 진행되는 동안 손실과 선로의 절연체간의 섬락에 의해 빠르게 감쇠한다. 따라서 MV/LV 변압기 또는 그 주변 직격뢰를 제외하고 MV시스템에서 발생하는 과전압은 선로절연체의 절연레벨로 한정된다. 20[kV] 시스템에서 이 값은 약 150[kV]에서 180[kV]이다.

또한 서지전압은 일반적으로 MV/LV 변압기의 1차측 또는 지중망의 인입구에 설치된 과전압 보호소자에 의해서 제한된다. 이러한 보호소자는 ZnO 또는 SiC 서지 어레스터 또는 에어 갭으로 구성되며, 잔류전압은 정격전압과 보호기의 접지임피던스에 의존한다(예 20[kV] 시스템에서 약 70[kV] 정도). 갭형의 보호소자 사용시에는 뇌서지에 의해 보호소자 동작시 상용주파수 속류가 흐를 수 있으며 이는 일시 과전압을 초래할 수 있으므로 주의하여야 한다.

낙뢰시 MV시스템에서 발생된 과전압 서지는 변압기를 통한 정전, 유도결합 및 접지시스템을 통한 저항성결합에 의해 LV 시스템으로 전이되며 서지의 크기는 여러 파라미터에 의존한다.

4.1.2 SPD 시스템

전원라인의 직격 및 간접뇌에 대한 가장 효과적인

보호대책은 SPD의 사용이며 이러한 소자로는 스파크 갭 형 또는 MOV 어레스터 형이 있다. 선로의 중요설비를 보호하기 위해서는 다음 위치에 SPD를 설치해야 하며 이때 접속길이는 최대한 짧게 설치하는 것이 효과적이다.

- 주상변압기의 1차측
- 가공선로와 지중 케이블간의 연결부
- 설비의 입력단자

4.2 저압 선로(LV Line)의 보호대책

4.2.1 LV 선로의 특성

지중 케이블의 낙뢰사고 위험은 가공 선로보다 매우 낮으며 일반적으로 저압선로는 높이가 낮고 근거리이며 대부분 도시에 위치하므로 직격뢰로부터 보호된다고 볼 수 있다.

4.2.2 보호협조된 SPD 시스템

일반적으로 전원선로 구성요소의 절연강도와 수용가의 부하기기의 내성과는 큰 차이가 있기 때문에 SPD를 민감한 보호설비에 가까이 설치하여야 한다. MV선로와는 달리 저압선로에서는 중성선이 있으며 이는 대부분 접지되어있어 간접뇌를 어느정도 보호할 수 있다. 구조물 내부의 시스템 보호를 위해서는 보호협조된 SPD가 요구된다.

4.3 전원 인입 구조물에 대한 직격뢰 보호대책

구조물에 대한 직격뇌전류는 구조물의 접지계와 구조물 내로 인입되는 여러 서비스라인을 통해 분류된다. 따라서 뇌격전류의 일부가 전원선로의 케이블 외장 또는 케이블 도체로 유입되면 전원계통의 절연과피를 초래할 수 있다. 그림 6은 MV/LV 전원선로의 보호대책 예를 나타낸다.

특집 : 신 피뢰설비 국제규격(IEC 62305)

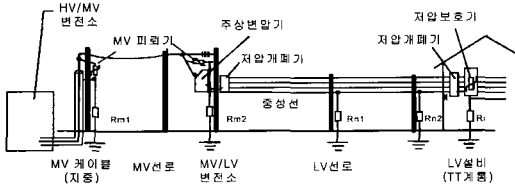
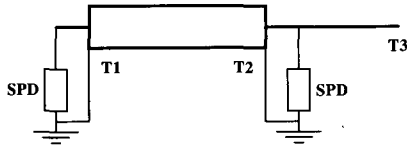
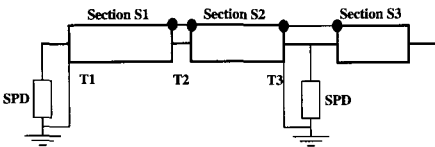


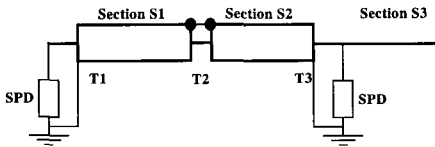
그림 6. MV/LV 전원선로의 보호대책



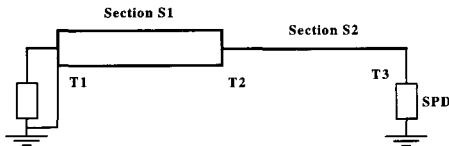
(a) 차폐구간 보호(T1, T2, SPD 양단간 보호됨)



(b) 두 차폐 케이블 구간 보호(SPD 양단간 보호됨)



(c) 차폐 및 비차폐된 케이블 구간 보호(SPD 양단간 보호됨)



(d) 비보호 구간(SPD 양단간 보호되지 못함)

— : 차폐케이블, — : 비차폐케이블

그림 7. SPD에 의한 보호 예

4.4 SPD 설치위치 선정

선로의 원활한 보호를 위해서는 보호대상내에서 SPD의 설치위치 선정이 중요한 요소이다. 일반적인

로 선로보호를 위한 SPD의 설치에는 여러 가지 방법이 가능하나 경제적인 측면을 고려하여 선정하여야 하며, 그림 7과 같이 변이점 마다 설치하는 것이 바람직하다. 차폐케이블과 비차폐케이블의 접속부에 추가적인 SPD의 적용이 요구된다.

5. 결론

본 규격은 통신선로, 전원선로 등의 서비스 시스템에 대한 뇌보호 대책을 제시하고 있다. 이를 요약하면 통신선로 및 전원선로를 보호하기 위해서는 가공선로보다는 지중선로가 효과적이며 차폐선 사용 및 등전위 본딩이 사고를 줄일 수 있는 방법이다. 또한 가장 효과적인 대책은 각 선로에서 이종 케이블의 접속부 및 민감한 전자기기에 SPD를 설치하여 선로에 발생하는 서지전압을 케이블 또는 기기의 절연파괴전압이하로 억제하는 것이다. 이와 같은 방법을 조합하여 서지보호대책을 적용하면 설비의 안정적인 운용에 매우 효과적이다.

참고문헌

- (1) IEC 62305-5 Ed. 1.0(81/245/CD): Protection against lightning-Part 5 : Services, 2004.
- (2) IEC 62305-2 Ed. 1.0(81/245/CD): Protection against lightning-Part 2 : Risk management, 2004.
- (3) IEC61643-1-1998 : Surge protective devices connected to low-voltage power distribution system - Part1 : Performance requirements and testing methods.

◇ 저 자 소 개 ◇



장석훈(張錫勳)

1974년 2월 20일생. 1996년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년~현재 한국전기연구원 선임연구원.

Email : shchang@keri.re.kr