

차폐선을 이용한 미얀마 500kV 변전소 차폐보호범위 계산

박흥석, 김태영, 조영선, 박찬섭, 주세환  
한국전력공사 전력계통건설처

Calculation of shielding range using shield wires in Myanmar 500kV Substation

H. S. Park, T. Y. Kim, Y. S. Cho, C. S. Park, S. H. Joo  
Dept. of Power System Construction in KEPCO

**Abstract** - In the past, dramatic economical development of Korea could be achieved by well-organized 154kV power system network. Electric power is a key industry for the nation and industrial development. Nowadays we operates 345kV power system with based transmission network and also we are operating 765kV power system to supply to the capital region.

Currently developing countries in Southeast Asia are requiring the electric power technology to Korea so that they can acquire the source of the development - power system network. Therefore, it is important to design transmission line and substation with appropriate methods.

In this paper, a calculation and calculating process of shielding range using shield wires in Myanmar 500kV substation are reviewed according to the Myanmar 500kV power system project performed by the overseas projects section of the Korea Electric Power Corporation.

1. 서 론

전력산업은 국가 및 산업발전의 모든 근간이 될 만큼 중요한 기간산업이다. 과거 우리나라의 개발단계에서 154kV를 기반으로 하는 송전망 구축으로 지금의 대한민국을 만들 수 있었고, 현재에는 345kV를 기간 송전망으로 하고, 기존의 154kV 계통의 연계로 전국의 전력계통을 단일 network를 이루고 있으며, 수도권의 전력수요를 충당하기 위해 765kV 송전망도 운영 중에 있다. 이와 같이 국가 산업의 기반이 된 우리의 전력기술을 현재에는 기술후진국으로 분류되는 동남아시아의 여러 나라에서 필요로 하고 있다. 그들은 우리의 전력기술을 바탕으로 안정적인 전력시스템을 갖추어 그를 기반으로 국가 산업발전을 이루고자 분부림 치고 있다.

본 논문에서는 한전의 해외사업의 일환인 미얀마 전력망 진단 및 송전전압 500kV 격상 사업으로 500kV 계통 변전소를 대상으로 하고 있다. 신설예정인 미얀마 500kV 변전소는 미얀마 전력계통의 중추적 역할과 더불어 인근 나라와의 전력용통이라는 두 가지 중요역할을 담당하게 된다. 따라서 변전소의 운영 측면에서는 만일의 사고가 발생해도 고장 파급범위를 최소화하고 계통 절체 및 부하절체 등의 복구작업을 신속하게 할 수 있어야 한다. 또한 설비 일부가 정지되더라도 계통전반에 현저한 영향을 미치지 않아야 하고 설비의 중설이나 보수공사가 용이하여야 하는 등 신뢰성, 계통운영의 유연성 및 경제성을 비교 검토하여 신설 500kV 변전소에 적용해야 한다. 계통의 안정성이나 설비의 신뢰성을 고려할 때 옥외 Full GIS형과 옥내 GIS형이 바람직하지만 미얀마의 경제적인 현실여건으로 볼 때 건설비가 고가이고 설치 및 유지보

수가 어려워 위의 두 형태의 변전소는 검토대상에서 제외하고, 옥외 철구형과 옥외 GIS형 변전소를 검토대상으로 하였다. 송변전 설비 고장의 대부분이 낙뢰로 인한 사고임을 감안할 때 미얀마 500kV 계통 변전소에서는 조각의 안정성에 앞서 낙뢰로 인한 고장을 예방하여 설비의 안정성을 확보할 수 있도록 차폐보호범위를 계산하여 적용하여야 한다.

2. 본 론

2.1 뇌격거리의 계산

최근에는 뇌격거리는 뇌격전류와의 직접적인 관계로 표시하는 방식이 일반적이며, 이 뇌격거리가 피뢰설비의 보호범위를 결정하는데 중요한 요소가 된다.

송전선에서는 차폐선의 높이 h와 상도체의 높이 y는 별 차이가 없다. 그러므로 뇌격거리 r<sub>c</sub>는 도체와 차폐선에 동시에 적용된다고 가정한다. 하지만 변전소 보호에서는 이 가정이 유효하지 않으며 세 개로 구분된 뇌격거리로 구분한다. r<sub>s</sub>는 차폐선까지, r<sub>c</sub>는 보호할 대상물까지, r<sub>c</sub>는 접지면까지의 거리이며 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$r_s = \gamma_s \cdot r_g, \quad r_c = \gamma_c \cdot r_g$$

Young, Hileman 등이 제안한 관계식 중 높이효과를 고려한 계수 k는 Young의 제안식을 이용하여 아래 식과 같이 계산하면, 차폐선의 높이가 18(m) 이하이면 k<sub>hs</sub> 및 k<sub>hc</sub>는 영(0)이다.

$$k_{hs} = \frac{444}{462 - h} \quad \text{여기서 } h \geq 18(m)$$

$$k_{hc} = \frac{444}{462 - y} \quad \text{여기서 } y \geq 18(m)$$

2.2 차폐선에 의한 차폐

2.2.1 차폐선에 의한 보호영역

다음의 그림1과 2는 차폐선에 의한 보호영역의 개념을 보여주는 것이다. 그림 1에서는 각각의 차폐선이 멀리 떨어져 있을 경우의 개념을 나타내는 것으로, 가공지선의 높이 h에서 반경 r<sub>s</sub>인 호를 대지뇌격거리 r<sub>g</sub>와의 교차점까지 그린다. 교차점을 중심으로 하여 가공지선의 높이 h에서 지면까지 반경 r<sub>c</sub>인 호를 그린다. 이것이 보호영역으로 그 영역 안에 있는 대상물은 보호되는 것이다.

$$a = \sqrt{r_c^2 - (r_g - h)^2} - \sqrt{r_c^2 - (r_g - y)^2}$$

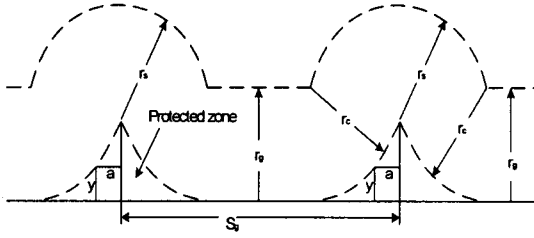


그림 1 충분히 떨어져 있는 2조의 차폐선에 의한 보호영역

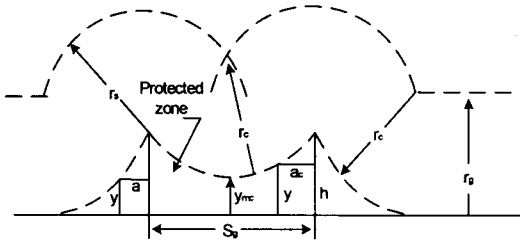


그림 2 2조의 차폐선이 근접했을 때 보호영역

그림 2는 각각의 차폐선이 근접해 있을 때의 보호영역을 나타내고 있다. 그림 1에서와 같이 각각의 차폐선의 높이  $h$ 에서 반경  $r_s$ 인 호를 그렸을 때 뇌격거리로 정의된  $r_c$ 인 두개의 호는 서로 결합되어 교차점의 높이는  $r_g$ 보다 높게 된다. 그러므로 차폐선사이의 보호영역은 그림에서와 같이 교차점으로부터 반경이  $r_c$ 인 호로 나타내어진다. 그러므로 수평거리  $a_c$ 는 보호될 장비의 같은 높이  $y$ 에서  $a$ 보다 더 크게 된다. 여기에서 2조의 차폐선 사이에서 최소로 보호되어야 할 높이  $y_{mc}$ 를 구할 수 있다.

차폐선 사이에서의 보호영역은  $a_c$ 와  $R_{PC}$ 로 계산할 수 있다.

$$R_{PC} = \sqrt{r_c^2 - (h - y + \sqrt{r_s^2 - R_c^2})^2}$$

$$a_c = R_c - R_{PC}$$

여기서  $S_g$ 는 두 차폐선사이의 이격거리이다. 차폐선 중심에서의 최소 보호높이  $y_{mc}$ 는  $R_{PC}=0$ 일 때 아래와 같이 구할 수 있다.

$$y_{mc} = h - r_c + \sqrt{r_s^2 - R_c^2}$$

이 식은 특정한 높이  $y_{mc}$ 를 만족시키는 차폐선의 높이를 결정하는데 사용된다.

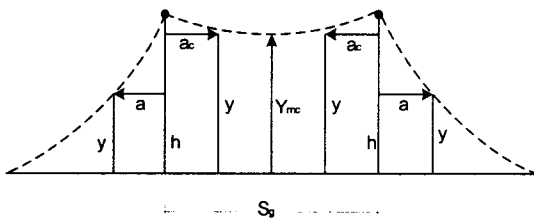


그림 3 지지철구 내측의 보호영역

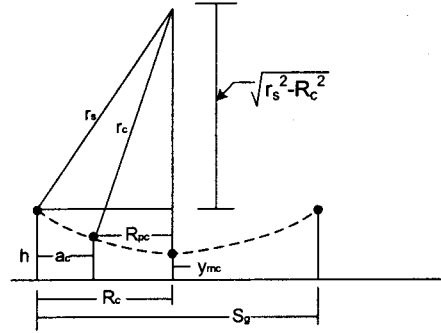


그림 4 두 차폐선 사이의 거리

### 2.2.2 차폐선의 외부 보호영역

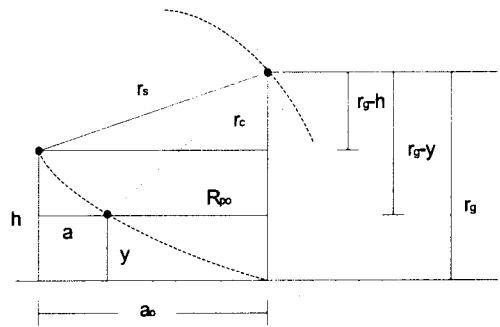


그림 5 차폐선의 외부 보호영역

차폐선의 외부보호영역은 그림에서 보는 것처럼 수평거리  $a$ 에서 점선으로 표시된 부분이며 다음 식과 같다.

$$R_{PO} = \sqrt{r_c^2 - (r_g - y)^2}$$

$$a_0 = \sqrt{r_s^2 - (r_g - h)^2}$$

$$a = a_0 - R_{PO}$$

### 2.3 차폐보호범위의 계산

신설될 미얀마 500kV 변전소의 형태는 육의 철구형으로 변전소 Switching Yard의 넓이는 381×295[m]이다. (그림5 참조) 차폐보호범위의 계산에 있어서 차폐선 지지철구의 간격이 최장구간이 75.5×32[m]이므로 최장구간을 계산하면 변전소 전 구역의 피보호물 높이를 구할 수 있다.

500kV 육의철구형 변전소의 가공지선 철구의 차폐범위 계산에 앞서 임계섬락전압(CFO)와 높이효과의 계수  $k_{hs}$  및  $k_{hs}$ 를 구해야 한다.

송전선로의 절연거리 3.8[m]를 기준으로 한 임계섬락전압을 구하면

$$CFO_{LSA} = 605 \times 3.8 = 2,299 [kV]$$

가공지선의 썬지 임피던스를 400[Ω]으로 보면, 임계섬락전류  $I_c$ 는

$$I_c = (2 \times 2,299) / 400 = 11.495 [kA]$$

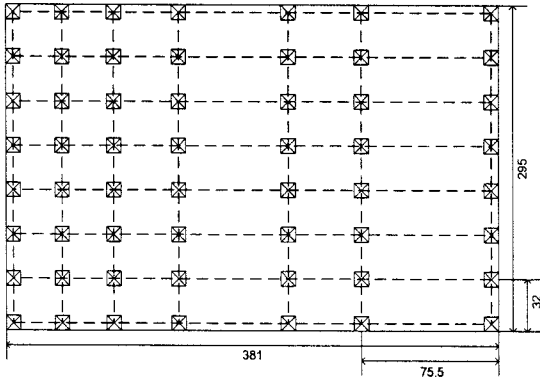


그림 6 미안마 변전소 차폐선 지지철구 단면도

변전소 차폐선의 높이를 36[m], 피보호 대상물의 높이를 12[m]라고 하면 뇌격 흡인 반경  $r_c$ ,  $r_s$ , 및  $r_g$ 는 다음과 같이 구해진다. 먼저 높이효과의 계수  $k_{hs}$  및  $k_{hc}$ 를 구하면

$$k_{hs} = \frac{444}{462 - 36} = 1.042$$

$$k_{hc} = \frac{444}{462 - 12} = 0.987$$

다음으로 대지의 뇌격 흡인거리를 구하면

$$r_g = 27 \times I_c^2 = 27 \times (11.495)^{0.32} = 58.98 [m]$$

뇌격거리  $r_s$ 는

$$r_s = k_{hs} \times r_g = 1.042 \times 58.98 = 61.46 [m]$$

도체로의 뇌격거리  $r_c$ 는

$$r_c = k_{hc} \times r_g = 0.987 \times 58.98 = 58.21 [m]$$

## 2.4 차폐보호범위 계산결과

### 2.4.1 외부 보호범위

차폐선에 의한 외부 보호범위는 75.5×32[m]의 정면과 측면 모두 같다. 아래의 그림 7은 보호대상물의 너비  $a$ 와 보호높이  $y$ 와의 관계를 나타내고 있다.

a[m]	3	7	9	13	20	25	40
y[m]	30.0	23.9	21.4	17.2	11.4	8.2	2.4

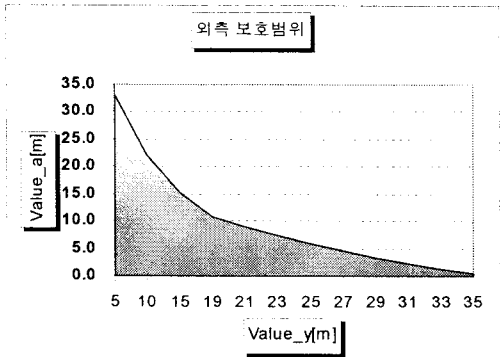


그림 7 차폐선을 이용한 외부 보호범위

### 2.4.2 차폐선을 이용한 내부 보호범위

내부 보호범위의 경우 75.5[m] 측면을 정면으로 하고 32[m]를 측면이라고 하였을 때 정면의 보호범위가 측면의 보호범위를 모두 포함하고 있어 75.5[m]의 정면 내부의 보호범위로 측면의 보호범위를 알 수 있다.

a_c[m]	1.3	4.8	8.7	19.7	24.0	55.8	66.8	72.5
y[m]	35.0	33.0	31.0	27.0	26.0	27.0	31.0	34.0

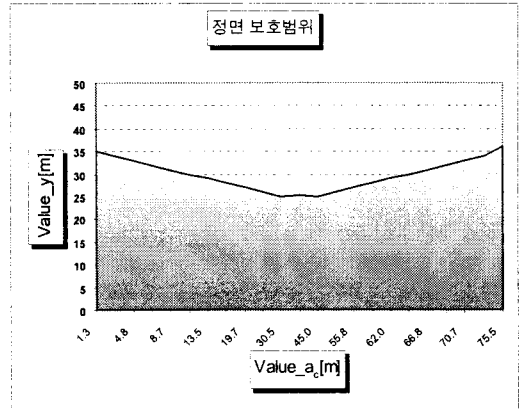


그림 8 차폐선을 이용한 내부 보호범위

## 3. 결 론

본 논문은 신설 예정인 미안마 500kV 계통변전소를 대상으로 하여 송변전설비 사고의 90% 이상을 차지하는 낙뢰 사고를 예방하고자 변전소의 차폐선을 이용하였을 때 보호범위를 계산하였다.

계산과정에서는 Young, Hileman 등이 제안한 관계식 중 높이효과를 고려한 계수  $k$ 는 Young의 제안식을 이용하였으며, 그 결과는 그림 7과 8에서 보여주고 있다. 그림 7에서 차폐선을 이용한 차폐 외부보호범위는 차폐선의 높이를 시작점으로 하여 대지뇌격 흡인거리  $r_g$ 와 도체로의 뇌격거리  $r_c$ 가 같아지는 점까지  $a$ 와  $y$ 값이 반비례의 관계를 보였고, 그림 8에서 내부 보호범위는 양쪽의 차폐선의 높이를 기준으로 하여 중간위치인  $y_{nc}$ 까지 보호높이  $y$ 가 줄어드는 경향을 보여주고 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Andrew R. Hileman, "Insulation Coordination for Power Systems", pp278-283, 1999
- [2] KEPCO, "Feasibility Study and Basic Designs for the 500kV Transmission System in Myanmar" Interim Report. Jan. 2005