

컴팩트 타워 전기 환경장해 발생량에 따른 설계기법

이원교, 박찬형, 이호권
한전 전력연구원

Design Procedure on the Environmental Effects of Compact Tower

Won-Kyo Lee, Chan-Hyeong Park, Ho-Kwon Lee
Korea Electric Power Corporation Research Institute

Abstract - 전력수요의 지속적 증가에 따라 송전설비의 추가 건설이 필요하지만 건설여건의 악화에 따라 보다 더 최적화된 송전철탐의 도입이 요구되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 절연암을 채용한 철탐 설계 방법 및 기존 154kV 송전철탐을 활용하여 345kV 전압을 송전 할 수 있는 방안이 검토되고 있다. 송전전압이 높아지면 주변에 여러 가지 환경장해(코로나 소음, 통신선 유도 장애)를 유발하는데 이 장해 발생량은 철탐의 절연간격, 전력선의 종류 및 도체 구성방식에 따라 달라 된다. 따라서 기존 154kV 송전선로를 이용하여 345kV 송전 전압으로 격상을 위해서는 필수적으로 환경장해 유발 요인을 분석이 필요하고 환경장해를 최소화 할 수 있는 설계 기법이 요구된다. 이에 따라 본 논문에서는 기존 154kV 송전철탐을 이용하여 345kV 전압을 송전 할 때 환경장해 기준치를 만족하는 설계기법을 제시하고자 한다.

1. 서 론

전력수요의 지속적인 증가와 수용가의 지역적 불균형으로 송전선로 건설이 불가피한 실정이다. 그러나 국민생활 수준 향상에 따라 자연·생활환경에 대한 관심이 고조되고 있어 송전철탐 구조물을 혐오·위해 설비로 인식하고 있다. 따라서 송전선로 경인지 확보가 전력산업의 최대현안으로 부각되고 있는 실정이며 사업기간의 장기화에 따른 원활한 전력수급에 어려움이 있고 투자비 증가로 국가경제에 막대한 지장을 초래하고 있다. 그러므로 송전선로 건설시 필요한 경과지의 점유를 최소화하고 친환경적이며 산림훼손이 적은 새로운 기술의 도입이 절실히 요구되고 있다. 지금까지 건설된 철탐은 주주재 및 암이 앵글 혹은 파이프 형태로 제작된 도선체이기 때문에 철탐과 전선 사이에 자기 애자를 사용한 절연 이격거리 확보가 필요하기 때문에 철탐높이 및 폭을 축소하는데 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 비도선체인 폴리머 소자로 구성된 절연 암을 이용한 컴팩트 타워 설계 및 시공기술이 연구 개발 및 적용되고 있으며 관련 기술의 확보가 필요한 실정이다[1]. 절연물을 활용한 컴팩트 타워 기술은 절연물의 구조적 형태의 변경을 통한 송전시스템의 소형화 기술로서 환경 친화적이고 효율성과 경제성을 동시에 만족하는 특징을 가지고 있다[2][3]. 하지만 컴팩트한 형상 변경으로 인해 전기환경 장해 유발 요인이 증가 되는데 특히 코로나에 의한 전기환경 영향은 초고압 송전선로 설계 시 중요하게 고려될 요소이다. 비록 송전선로에서 발생한 소음이 공공장소의 주요 소음원이 아닐지라도 송전선로 설계 시 반드시 전기환경 영향여부를 검토해야 한다. 따라서 본 논문에서는 절연암을 사용한 컴팩트 철탐의 선간 및 상간 간격 변화에 따른 전기 환경문제를 검토하여 기존 154kV 송전철탐을 이용하여 345kV 전압을 송전 할 때 예상되는 환경장해 기준치를 만족하는 설계기법을 제시하고자 한다.

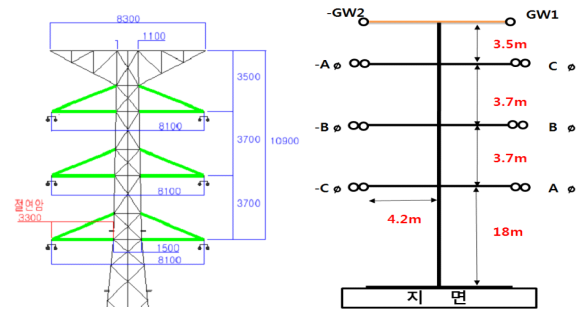
2. 본 론

2.1. 컴팩트 타워

154kV용 송전철탐을 활용하여 345kV 전압을 송전 할 수 있는 방안을 고려할 때, 345kV용 철탐 설계시 필요한 과전압 해석, 절연 협조거리, 뇌사고을 등을 검토해야 한다. 기존 154kV 송전철탐을 기준으로 절연암을 이용한 철탐의 컴팩트화 기법을 적용했을 경우 그림 1과 같이 형상 설계가 가능하다[4]. 이 컴팩트 타워는 기존 철탐 설계 요소들을 모두 반영 하였지만, 철탐의 전기·기계적 사양만을 고려하여 컴팩트화 되었기 때문에 전기 환경장해 발생에 대한 추가 검토가 필요하다.

2.2. 전기환경 장해

송전전압은 선로용량 및 송전거리에 따라 결정되며, 이에 따라 철탐의 전기·기계적 이격 거리가 결정된다. 송전전류의 크기는 도체방식에 따라 결정되고 이에 따른 송전선로 전기환경 대책을 강구해야 한다. 송전선로에서 발생하는 전기환경 장해 발생요인은 도체에 가해진 전압과 흐르는 전류에 의해 발생하며, 발생량은 발생요인과의 거리 혹은 위치에 따라 변동된다. 철탐 Compact화 설계 시 철탐 자체의 전기·기계적 사양만을 고려하였다면 전기 환경 발생량 변동에 대한 검토가 필수적으로 수반 되어야 한다. 한전에서 345kV 송전철탐 설계 시 적용되는 기준은 표 1과 같이 정리 할 수 있다. 이러한 요소 중 인체에 유해성 논란이 되는 전계와 자계는 설계 기준치가 강화되고 있으며, 오감을 통해 그 영향을 체감 할 수 있는 전기환경 장해 요소인 코로나 노이즈와 라디오 장애 역시 설계에 반영하고 있다. 송전선로를 구성하는 철탐 자체 컴팩트화 혹은 전압격상용 컴팩트화에 따른 가장 큰 영향을 미치는 전기환경 요소는 코로나 현상에 의한 Audible Noise 및 Radio Interference이다. 이 두 가지 요소를 만족하게 되면 전계 및 자계 기준치 역시 충족할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 두 가지 요소에 대해 고려한 후 전계 및 자계 영향에 대해 검토하였다.



〈그림 1〉 345kV 송압용 컴팩트 철탐

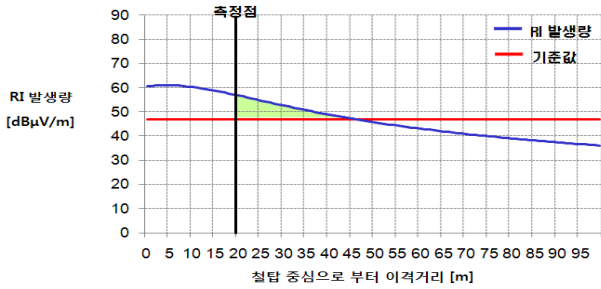
〈표 1〉 345kV 철탐 전기환경 설계 기준

평가항목	기준치	적용조건	근거
전계	3.5kV/m	최대치	전기설비기술기준
자계	833mG	24시간	WHO/ICNIRP권고
코로나	50dB	강우시	환경대책 설계기준
라디오	47dBuV/m	청명시	KS C CISPR 18-2

2.2.1. 전기환경 장해 예측계산

송전철탐에서의 전기환경을 비교하기 위해 BPA 프로그램을 사용하였다. BPA 프로그램은 코로나에 의해 발생하는 Audible Noise(청정시/우천시), Radio Interference(청정시/우천시), TVI(우천시), 지표면 전계강도, 자계강도를 계산하는 각각의 프로그램으로 구성되어 있다. 이 프로그램을 통해 송전선로의 철탐형상, 도체 규격, 선로배열 및 해석 대상의 배치도 등을 고려하여 송전선로로부터 거리에 따른 전계 및 자계의 최대 발생량을 계산할 수 있다[5].

이중 TVI(TV장해)는 공칭 안테나 설치 등의 해소 방안이 있으므로, 전기환경 장해 발생량은 라디오 장애 발생량을 기준으로 BPA 예측값과 기준값 차이를 계산하면 그림 2와 같은 추세 결과를 얻게 된다.

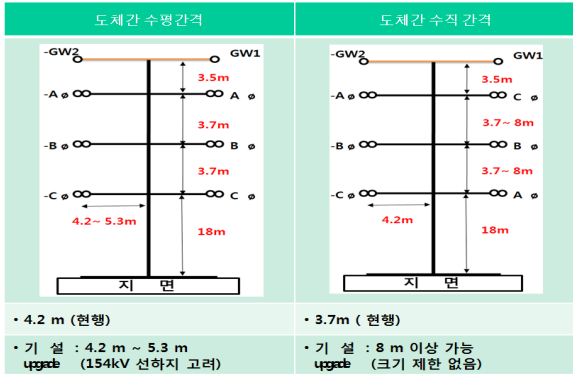


〈그림 2〉 라디오 장애 발생량

이러한 계산 결과가 기준치 대비 초과분이 없도록 통계 분석하여, 전기환경 장애 발생량에 미치는 인자를 도출 하였다.

2.2.2 전기환경 영향 인자

송전선로는 송전용량에 따라 전압과 전류가 결정되고 이에 따라 선종 및 변들당 도체수가 결정된다. 도체 선종은 154kV에서 사용되는 ACSR 410SQ 2B를 동일하게 사용하는 조건과 전압은 345kV이며, 전류는 도체가 사용하는 일반적인 전류를 설정하였다. 154kV선로를 345kV로 승압하는 조건을 경계조건으로 전기환경에 영향을 주는 인자를 분석해 보면 도체 간 수평 및 수직 위치로 나누어 볼 수 있다. 특히 154kV 선하지를 기준으로 345kV로 승압하는 조건으로 본다면, 도체간 수평 최대 위치는 5.3m까지 변경이 가능하며, 도체간 수직 간격은 345kV 지상고 18m를 고려하여 그림 3과 같은 결과 분석이 가능하다.



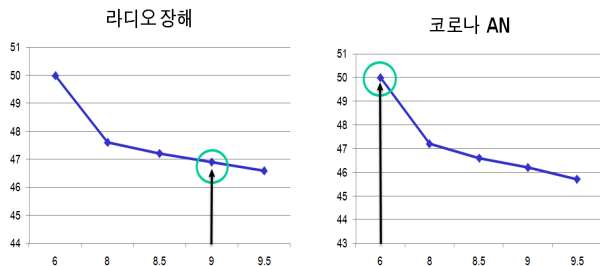
〈그림 3〉 영향 인자 도출

2.2.3 전기환경 영향 핵심 인자

BPA예측 계산프로그램을 활용하고 영향인자에 대해 통계분석 툴인 Minitab을 이용해서 가설 검정을 수행하였다. 그리고 수평 간격 변경에 대한 라디오 장애 발생량 영향을 검토하기 위해 수평 간격 최소 4.2m와 최대 5.3m에 대해 2표본 T 검정을 시행하였다. 그 결과 수평간격 변화에 따른 라디오 장애 발생량의 차이가 없었지만 평균값을 고려하여 5.3m로 선정하였고, 도체간 수직 간격 변화는 전기환경 영향 핵심인자인 라디오 장애 발생량에 영향이 있음을 알 수 있다.

2.2.4 도체 간격에 따른 전기환경 영향

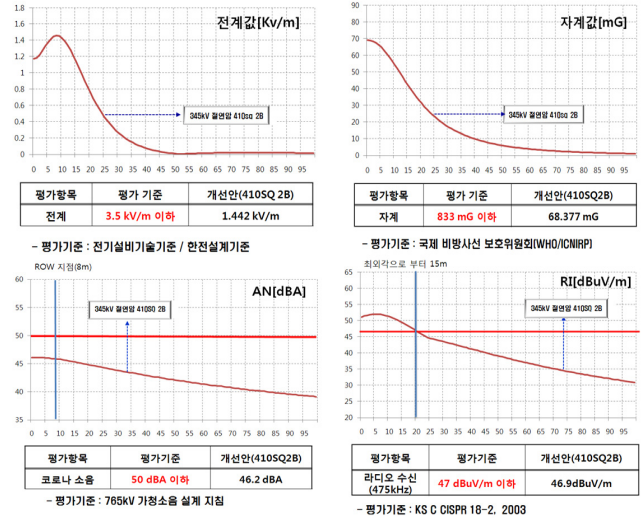
전기환경 영향 인자 중 수평 간격은 설계자 선택이 가능한 상태로 BPA 예측 결과에 대한 추세를 살펴보면 그림 4와 같고 표 2와 같이 정리 할 수 있다. 그림 5는 수평간격 5.3m, 수직 간격이 9m인 경우를 고려하여 전계 및 자계까지 계산한 결과이며 모두 기준치를 만족하고 있는 것을 확인하였다.



〈그림 4〉 도체 간격에 따른 전기 환경 장애 발생량

〈표 2〉 345kV 전기환경 장애 발생량

수평간격 (m)	수직간격 (m)	환경장애항목		비고
		코로나 (50dB)	라디오 (47dBuV/m)	
5.3	6.3	49.5	49.2	코로나 만족
	8.0	47.2	47.6	코로나 만족
	8.5	46.6	47.2	코로나 만족
	9.0	46.2	46.9	코로나,라디오 만족
	9.5	45.7	46.6	코로나,라디오 만족



〈그림 5〉 전기환경 장애 발생량

코로나에 의한 가청 소음만을 고려하면 수직간격이 6.3m 이상이 되면 설계기준을 만족하지만, 라디오 장애를 고려하면 수직간격이 9m까지 증가한다. 실제 345kV 철탑의 상부 길이가 19m인 점을 고려 할 때, 콤팩트 철탑의 수직 간격이 9m가 되면, 실제 콤팩트 타워의 상부가 345kV 철탑 상부 길이보다 길어져 폭만 축소되고 상부는 커져 버리는 결과를 얻게 되어 콤팩트화의 효과가 미약함을 알 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 기설 154kV 철탑을 콤팩트화하여 345kV 승압용 철탑으로 변경 설계시 전기환경 장애 발생량에 영향을 미치는 요소를 분석하여 그 영향인자를 파악 하였다. 그 결과 라디오 장애 발생량이 전기환경 장애 개선의 핵심 요소임을 도출하였으며, 이에 따라 154kV용 철탑 폭으로 축소는 가능하지만 상부는 축소가 어렵다는 사실을 확인하였다. 이에 따라 부분적으로 코로나 가청 소음만을 콤팩트 타워 설계에 반영하는 것이 타당하며, 승압용 철탑이 아닌 신설 콤팩트 철탑 설계시 이 점을 고려하여 선종 변경이나 도체 변들 수 변경 등 추가 사항의 설계검토가 필요하다.

[참 고 문 헌]

[1] D. Dumora, D. Feldman, M. Gaudry, "Mechanical behavior of flexurally stressed composite insulators", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 5, No. 2, pp. 1066-1073, April, 1990.
 [2] M. Otsubo, Y. Shimono, T. Hikami, C. Honda, "Influence of the Humidity on Leakage Current under Accelerated Aging of Polymer Insulating Materials", Conference of the 1996 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Montreal, 1996.
 [3] K. Izumi, T. Takahashi, T. Taniguchi, H.Homma, T.Kuroyagi, "Performance of line post type polymer insulation arm for 154 kV", 10th International Symposium on High Voltage Engineering, Aug. 25-29, 1997.
 [4] 이원교, 이정원, 강연욱, 이동일, "폴리머 절연암을 이용한 송전선로 전압 승압에 관한 연구", 전기전자재료학회 논문지, 22권, 10호, 870-878 2009.
 [5] 이원교, 이정원, 이동일, "송전철탑 Compact화에 따른 전기환경 영향 연구", 전기전자재료학회 논문지, 23권, 8호, 645-650, 2010.