

## GIL - 가공송전선로 연계시 뇌써지에 의한 과전압 검토

박흥석\*, 장태인\*, 강지원\*, 윤형희\*  
한국전력공사 전력연구원\*

### Overvoltage Analysis on GIL - Overhead Transmission Line by Lightning Surge Conditions

Hung-Sok Park\*, Tae-In Jang\*, Ji-Won Kang\*, Hyung-Hee Yoon\*  
KEPCO\*

**Abstract** - 최근 국내에서 가스절연송전선(GIL: Gas Insulated Transmission Line)의 실계통 도입을 위하여 345kV급 GIL의 개발 및 적용을 위한 연구 및 검토가 수행되고 있다. 이 중의 하나가 가공송전선로 사이의 일부구간을 지중화 하여 GIL로 대체할 경우에 나타날 수 있는 써지에 의한 과전압의 검토이다. 가공선로의 일부구간을 GIL로 대체하는 데 있어서, 변전소 단이 원거리일 경우에는 변전소 내부의 차단기나 단로기 등 개폐 써지에 의한 과전압의 영향은 감소효과로 인하여 그다지 크지 않으며, 뇌써지에 의한 과전압이 주요 영향 요소로 작용하고 있다. 따라서, 본 논문은 뇌써지에 의한 GIL-가공선로 구간의 과전압을 검토하기 위하여 GIL과 인접한 가공선로 구간이 낙뢰가 유입된 경우를 가정하여 GIL에 발생하는 과전압 및 보호협조 방안을 분석한다.

#### 1. 서 론

가스절연송전선(GIL: Gas Insulated Transmission Line)은 지중화 가능한 장거리 대용량 전력수송 시스템으로서 대용량 가공송전선로의 지중화 요구개소, 대용량 선로임에도 특별히 접근성이 확보되어야 하는 장소, 발전소 및 변전소 구내의 회선 당 4000A이상의 대용량 개소 등에 활발히 적용되고 있다. GIL은 가스절연시스템으로서 가공선과 유사한 전기적 특성을 가짐으로써 수십 km까지 장거리 연결이 가능하며, 재폐로 등 가공선로와 통합적으로 운전이 가능한 이점이 있다. 또한, 전력수송 도체의 큰 단면적 때문에 현재 가공선 및 케이블과 비교해 볼 때, 가장 낮은 전기손실 특성을 가지며, 정전용량이 매우 낮아 장거리 선로임에도 리액티브 무효전력 보상이 필요하지 않다. 또한 내부 절연가스는 비노화 특성을 가짐으로써 수명이 거의 반영구적이며, 금속 외함은 자체 누설과 내부고장을 효과적으로 차단하여 작업자의 안전과 환경을 안전하게 보호할 수 있다[1].

이와 같은 필요성과 장점으로부터 인하여 유럽, 일본, 미국 등지에서는 GIL이 대용량 전력수송시스템으로서 1970년대부터 채용되어 적용 및 운영되어 왔으며, 2000년대 초반부터 기술적인 진보가 한 단계 더 이루어져 과거의 제조, 설치, 운전 경험을 바탕으로 한 신 설계기술의 개발 및 적용, 현장 자동용접기술의 향상을 통한 시공성 개선, 절연가스 또한 100% SF6 절연가스 대신 20%이하의 SF6 가스를 사용하는 등 2세대 GIL 시스템이 설치 및 운영되고 있다.

최근 국내에서도 이와같은 GIL의 실계통 도입을 위해서 345kV급의 대용량 GIL의 개발 및 적용을 위한 연구 및 검토가 수행되고 있으며, 이 중의 하나가 가공송전선로 사이의 일부구간을 GIL로 지중화 대체할 경우에 나타날 수 있는 써지에 의한 과전압의 검토이다.

가공선로의 일부구간을 GIL로 대체하는 데 있어서, 변전소 단이 원거리일 경우에는 변전소 내부의 차단기나 단로기 등에 의해 발생하는 개폐 써지가 GIL에 미치는 과전압 효과는 제한적이며 뇌격에 의한 과전압 영향이 주요 요소로 작용하고 있는 것으로 나타나고 있다[1][2].

한편, GIL-가공선로 연계시 뇌써지 유입 상황에서 특성임피던스 차이로 인하여 가공선로 연결 GIL 말단부에서 진행파 반사의 영향이 증폭되어 큰 과전압이 나타날 수 있으므로, 가공선로측 또는 GIL 자체에 뇌써지에 의한 과전압을 적절하게 제한할 수 있는 피뢰기의 채택이 필요할 수 있다.

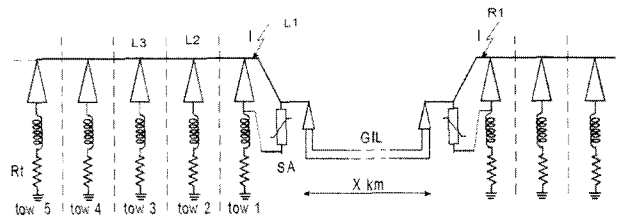
따라서, 본 논문은 뇌써지에 의한 GIL-가공선로 구간의 과전압을 검토하기 위하여 GIL과 인접한 가공선로 구간이 낙뢰가 유입된 경우를 가정하여 GIL에 발생하는 과전압을 검토 및 분석하고, 피뢰기 채용을 통한 과전압 감소효과 및 보호협조 방안을 도출하여 향후 GIL의 국내 실계통 적용시 활용하고자 한다.

#### 2. 본 론

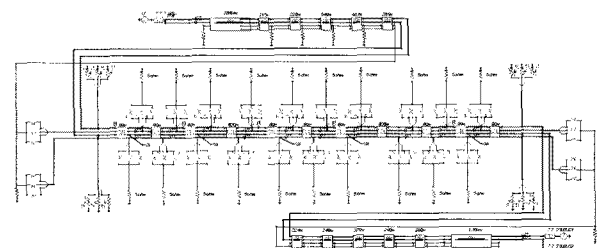
##### 2.1 GIL-가공선로 EMTF 모델링

본 논문에서는 345kV 4도체 2회선 35.8km의 가공선로 중간 0.8 km를 GIL로 지중화 연결한 경우에 대하여 뇌써지에 의하여 GIL상에 발생하는 과전압을 검토 및 분석하고자 한다. 이 경우에 있어서 GIL은 변전소

단으로부터 원거리에 위치하여 변전소 내부의 개폐기 및 단로기 등에 의한 스위칭 써지에 의한 과전압 효과는 제한적이므로 GIL에 인접한 가공선로에 침입하는 뇌써지가 미치는 영향을 검토 및 분석하였다. 구체적으로 GIL 양단 및 중간부에 피뢰기 설치의 유무 및 위치에 따른 과전압 영향과 억제효과를 각각 살펴보고자 한다. 다음 <그림 1>은 가공선로 중간 일부분을 GIL로 대체하는 경우에 대한 개괄적인 모델링 개념도를 나타내며, <그림 2>는 검토 및 분석대상인 2회선 GIL-가공선로 연계 혼합선로에 대하여 전체 구간을 EMTF로 모델링 한 것을 보여주고 있다. 선로 모델링시 양단 A 변전소와 B 변전소에서의 모선 3상 단락, 1선 지락 고장을 모의한 PSS/E 데이터를 바탕으로 전원임피던스를 계산 및 반영하여 최대한 실제통과 일치하도록 하였다.



<그림 1> 가공선로 중간 GIL 설치 모델링 개념도

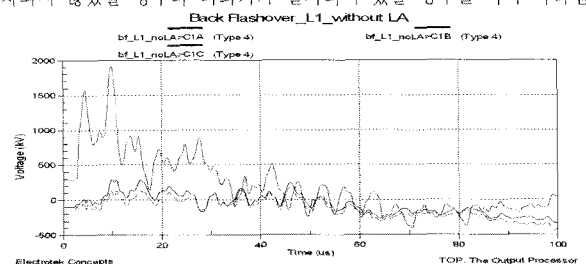


<그림 2> 345kV 2회선 가공 및 GIL 혼합선로에 대한 EMTF 모델링

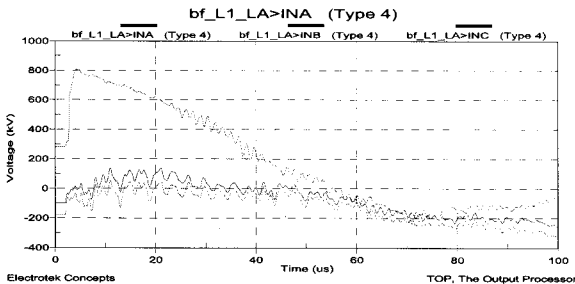
##### 2.2 피뢰기 유무 및 뇌격종류에 따른 과전압 검토

뇌써지가 선로의 다양한 위치에 침입하였을 경우 피뢰기 설치 및 뇌격 종류에 따라 GIL에 걸리는 최대전압을 검토하였다. 이 때 뇌격전류로는 345kV 가공송전 선로 뇌격모델에 일반적으로 사용되는 100kA의 역섬락 및 35kA의 직격뢰를 사용하였으며, 피뢰기는 국내에 사용중인 345kV급 피뢰기 데이터를 적용하였다.

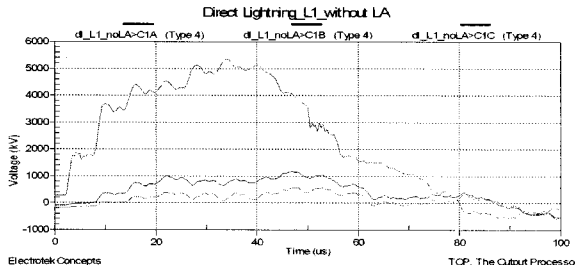
먼저 GIL 구간이 가장 인접한 GIL 헤드철탑에 뇌격을 인가한 후 GIL 인입부에 걸리는 과전압을 검토하였으며, 그 결과는 <그림 3> ~ <그림 6>과 같다. <그림 3>은 GIL에 가장 가까운 L1 위치에 뇌격으로 인하여 역섬락이 발생하였을 경우 피뢰기가 설치되지 않았을 경우의 결과이며, <그림 4>는 피뢰기가 설치되어 있을 경우의 결과이다. <그림 5>와 <그림 6>은 L1 위치에 직격뢰가 유입되었을 경우에 있어서 피뢰기가 설치되지 않았을 경우와 피뢰기가 설치되어 있을 경우를 각각 나타낸다.



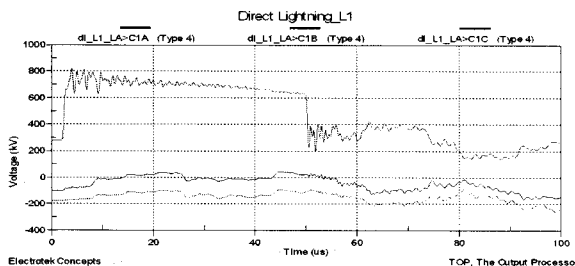
<그림 3> 역섬락시 GIL 인입부 과전압(L1위치, 피뢰기 무)



〈그림 4〉 역섬락시 GIL 인입부 과전압(L1위치, 피뢰기 유)



〈그림 5〉 직격뢰시 GIL 인입부 과전압(L1위치, 피뢰기 무)



〈그림 6〉 직격뢰시 GIL 인입부 과전압(L1위치, 피뢰기 유)

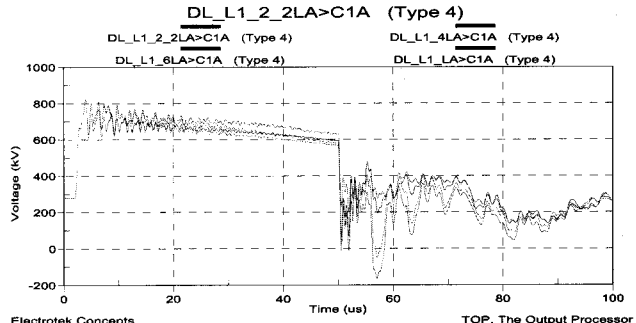
〈표 2〉는 피뢰기 유무, 뇌격 위치, 뇌격 종류에 따른 GIL부의 과전압 검토결과를 종합한 것이다. 앞에서 살펴본 바와 같이 GIL 선로 양단에 피뢰기를 설치하였을 경우 뇌찌지예 의한 과전압이 뇌찌지 내전압 시험치인 1175kV에 훨씬 못 미치는 최대 800kV대의 전압으로 현저히 감소하였음을 알 수 있다[4].

〈표 2〉 피뢰기 유무, 뇌격 위치 및 종류에 따른 GIL 최대전압

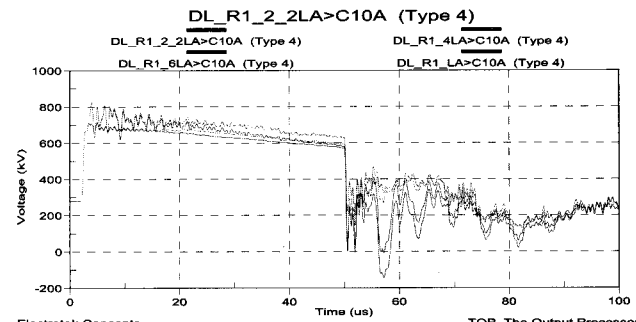
구분	피크	피뢰기 유무	최대전압[kV](GIL거리별[m])					
			0-180	180-310	310-490	490-620	620-800	
역섬락								
L1	100kA	O	842	838.2	828.5	877.2	864.2	
L1		X	1994	1922	1967	2042	2481	
L2		O	596.8	591.7	598.9	594	581.8	
L2		X	665.7	681.9	722.5	712.6	724.8	
L3		O	598.8	551	479.3	513.5	533.2	
L3		X	607.5	584.2	494.2	536.9	566.3	
R1		O	708	697.3	716.4	699.7	707.5	
R1		X	1747	1727	1733	1689	1748	
R2		O	685.7	672.3	654.7	686.8	645.7	
R2		X	1075	1062	1026	1020	1055	
R3		O	695	630.3	630.7	626.2	669.1	
R3		X	1088	1015	851.9	876.4	982	
직격뢰								
L1		35kA	O	832.6	831	825.4	851.8	858.6
L1			X	5336	5289	5213	5280	5330
L2			O	790.9	808.2	807.5	782.5	799.1
L2			X	5525	5512	5402	5524	5592
L3			O	772.5	766.9	767	782.1	801.5
L3	X		5679	5644	5639	5717	5765	
R1	O		858.6	851.9	825.5	831	832.6	
R1	X		5292	5243	5188	5256	5311	
R2	O		798.7	811.5	814.4	825.4	841.5	
R2	X		5481	5416	5439	5406	5469	
R3	O		799.4	816.8	820	812.4	829.7	
R3	X		5790	5721	5632	5658	5694	

### 2.3 피뢰기 설치 개수에 따른 과전압 검토

다음은 GIL 및 가공선로에 피뢰기 설치 개수를 증가시켰을 경우에 있어서 뇌찌지에 의한 과전압 감소효과를 살펴본 것이다. 〈그림 7〉과 〈그림 8〉은 각 검토 위치에서의 과전압 파형을 나타내고 있다. 피뢰기 개수의 증가에 따른 과전압 감소효과는 현저하지 않음을 살펴볼 수 있다.



〈그림 7〉 피뢰기 위치 및 개수에 따른 과전압(L1)



〈그림 8〉 피뢰기 위치 및 개수에 따른 과전압(R1)

피뢰기 개수 증가에 따른 과전압 감소효과를 종합한 결과를 〈표 3〉에 나타내었다. 〈그림 7〉 및 〈그림 8〉에서 살펴본 바와 같이 피뢰기 설치 개수에 따라 과전압의 감소가 비례적이지 않음을 알 수 있다[4].

〈표 3〉 피뢰기 개수 증가에 따른 과전압

구성배치	충격위치 100kA	GIL	Tower	가공선로 최대전압	GIL 최대전압
GIL 양단	L1	2		780.4	858.6
	R1			686.3	858.6
GIL 양단 및 중간 두 곳	L1	4		780.3	832.5
	R1			633.9	720.4
GIL 양단 및 가공선로	L1	2	2	780.4	858.6
	R1			678.0	858.6
GIL 4곳 및 가공선로	L1	4	2	780.3	832.5
	R1			633.1	720.4

### 3. 결 론

지금까지 가공송전 선로의 일부구간을 GIL로 지중화 대체할 경우에 발생할 수 있는 가공 및 GIL 혼합선로에서 뇌찌지에 의한 과전압을 검토 및 분석하고, 효과적인 보호협조 방안에 대하여 알아보았다. 〈표 2〉에서와 같이 피뢰기의 설치 유무 및 뇌격 종류에 따른 GIL의 과전압을 검토한 결과 GIL 구간과 뇌격 위치가 가까울수록 과전압이 크게 발생하였으며, 피뢰기의 설치로 L1의 위치에서 과전압을 약 1/3 정도 저감시킬 수 있었다. 또한 〈표 3〉에서와 같이 피뢰기의 설치 개수에 따른 과전압 영향을 검토한 결과 피뢰기의 개수와 과전압 감소효과 사이에는 큰 연관성이 없었으나, 약간의 과전압 저감효과를 확인할 수 있었다. 본 논문의 결과는 GIL과 가공선로의 연계시 나타날 수 있는 다양한 상황을 고려하여 향후 GIL의 설계용 적용시 활용되어 질 예정이다.

### 〈참 고 문 헌〉

- [1] CIGRE Brochure 218, "Gas Insulated Transmission Lines", 2002
- [2] O. Volcker, H. Koch, "Insulation Co-ordination for Gas-Insulated Transmission Lines(GIL)", Vol 16, No 1, IEEE Transactions on Power Delivery, January 2001
- [3] H. Koch, G. Schoeffner, "Gas-Insulated Transmission Line (GIL) : An Overview", No. 211, December 2003, ELECTRA
- [4] 1차년도 연구진도보고서, "초고압 대용량송전선로(GIL) 설계용 적용을 위한 연구", 한국전력공사, 2008