

## GIL(Gas Insulated Line)에 관한 신기술 동향 및 특징

정시환, 김철수, 강철원, 김완식  
한국전력공사 신울산전력소

### New technology trend and characteristic for GIL

Jung, Si-Hwan Kim, Chel-Soo Kang, Cheul-Won Kim, Wan-Sik  
Sinulsan Power Transmission Branch Office

**Abstract** - As the same concept with GIB, GIL(Gas Insulated Line) has been established and run for the first time in New Jersey, America, in 1972. At the beginning, the installation condition of GIL was complicated and the construction cost was excessive, so it was not economical, but the construction cost was substantially reduced with the use of insulation material which is the mixture of SF<sub>6</sub> and N<sub>2</sub> Gas in Germany, in 1990s. And also comparing to cable, GIL has lots of advantages, such as being capable of the high voltage transmission, being applied to reclosing and lowering the strength of electromagnetic force. Due to these advantages, GIL is recently accepted in many countries.

### 1. 서 론

GIL(Gas Insulated Line)은 GIB와 같은 개념으로 1972년 미국 New jersey에서 최초로 설치되어 운전된 이후 세계의 여러나라에서 사용되고 있으며 초기의 GIL은 설치 조건이 까다롭고 건설비용이 과다하여 비경제적인 측면이 있었으나 1990년대 독일에서 절연물질을 SF<sub>6</sub> 와 N<sub>2</sub>가스를 혼합하여 사용하는 기술을 개발하는 등 건설비용을 획기적으로 절감할 수 있게 되었다. 또한 GIL은 케이블과 비교하여 대용량의 송전이 가능하고 자동재폐로 적용이 가능하며 전자기장의 세기가 낮은 등 많은 특징을 갖고 있어 최근에 많은 국가에서 GIL을 채용하고 있다.

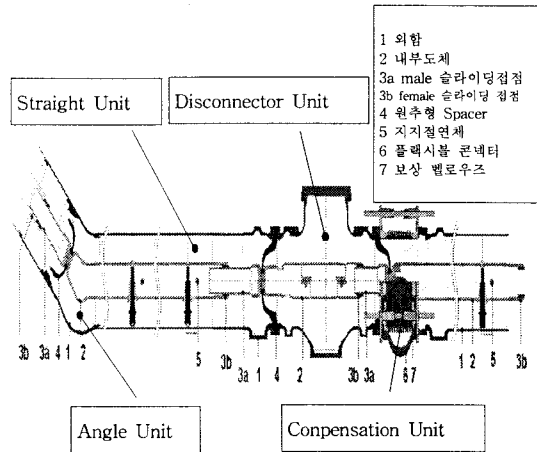
<표1:GIL제작 및 설치 현황>

구 분	345kV 이상		345kV 미만		비고
	길이[km]	개소	길이[km]	개소	
지멘스(독일)	20.63	10	8.69	5	
아레바(프랑스)	54.32	23	31.90	18	
CGIT(미국)	46.72	60	40.34	64	
스미토모(일본)			18.60	1	
합 계	121.67	93	99.53	88	

### 2. 본 론

#### 2.1 GIL 구조

GIL은 알루미늄으로 만들어진 pipe형의 도체와 에폭시 레진으로 제작된 절연체, 알루미늄 합금으로 된 외함으로 구성되며 내부에 N<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> 혼합가스를 충전하여 절연을 유지하는 구조이다.



[그림1:GIL 구성Unit]

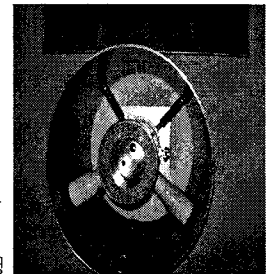
#### 2.1.1 Straight Unit

직선 Unit은 곡선Unit과 결합하여 표준 Unit로 구성하고 있으며 내부 구조는 [그림2]와 같다.

외함내의 도체는 conical insulator에 고정되고 support insulator 위에 놓여져 있다.

도체의 외함쪽으로 열팽창은 sliding contact

system에 의하여 조절된다. 직선부는 최대 120m이고 각 파이프는 orbital welding machines에 의하여 조립된다.

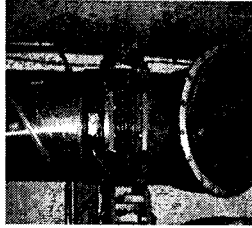


[그림2:GIL내부구조]

### 2.1.2 Angle Unit

Angle Unit는 방향전환이 필요한 장소에 필요하게 되며 4°~90°사이의 각도에서 사용된다.

곡률반경 400 m 이내에서는 탄력적인 각도전환이 가능하므로 Angle Unit이 필요하지 않다.



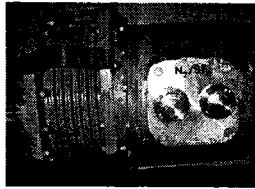
[그림3:GIL곡선부 구조]

### 2.1.3 Disconnecter Unit

Disconnecter Unit는 GIL의 길이 1200m~1500m 정도 사이에서 설치하게 된다. Disconnecter Unit는 가스구획을 분리하고 구간별 commissioning과 모니터링의 장소가 된다.

### 2.1.4 Compensator Unit

Compensator Unit는 bellows와 flexible connector로 구성되어 있으며 bellows는 외함의 열팽창을 보호하고 flexible connector는 써스전류의 통로 역할을 하게 된다



[그림4:GIL보상부 구조]

## 2.2 해외 GIL 기술 동향

최근 미국 CGIT 사에서 조사한 자료에 의하면 GIL은 31개국 181개소에 단상기준 약 221km 정도가 설치 운전 중이다.

세계의 대표적인 GIL 제작회사는 독일 SIEMENS, 프랑스 AREVA, 미국 CGIT, 일본 SMITOMO 등이 있다. 종래에 GIL은 대부분 1km 이내의 짧은 구간에 설치되어 운전 되었지만 최근에는 GIL의 기술발전으로 일본의 경우 중부 전력회사에서 東海S/S ~ 新名古屋S/S까지 3상 2회선 3.3 km를 준공하여 1998년부터 현재까지 운전 중에 있고, Saudi Arabia 에서도 420 kV GIL 선로 6km를 건설하여 운전 중에 있으며 유럽 각국에서도 장거리 GIL 송전선로 건설을 추진하고 있다.

### 2.2.1 일본 GIL 기술

GIL은 지중 송전선으로 현재 주류를 이루고 있는 CV Cable 및 OF Cable에 비해 1 회선당 용량을 크게 할 수 있는 특징이 있어 도심부 대용량 전원의 지중선로에 적합 하지만 아직까지 고가이고 현장에서 이루어지는 접속개소가 많으며 Cable과 같이 가요성이 없기 때문에 곡선 포설이나 지진이 일어날 경우 지반변위에 대한 대응성이 미흡하여 장거리 송전선로에는 적용되지 않았다.

그러나 최근에는 장거리 지하 통도 포설에 적용할 수 있는 경제적이고 시공성이 좋으며 신뢰성이 높은 구조의 GIL을 개발하여 장거리 GIL송전선로에 적용하고

있다. 이미 일본 중부전력회사에서 채용한 275kV GIL에 대한 주요 설계사항은 <표2>와 같다.

<표2:일본 275kV GIL 설계사항>

항 목		사 양	비 고
전기 설계	정격전류	6300A	JEC-193
	정격단시간전류	50kA(3초)	
	상용주파내전압	460kV	
	뇌임펄스내전압	1050kV	
도체	외경	170mm	알루미늄 합금
	두께	20mm	
	재질	AA6101	
써스	내부	460mm	알루미늄 합금
	두께	10mm	
	재질	A6063	
SF <sub>6</sub> 가스	정격가스압력	0.34 MPa [3.5kgf/cm <sup>2</sup> ]	20℃
	설계스압력	0.29 MPa [3.0kgf/cm <sup>2</sup> ]	
도체허용온도		105℃	

### 2.2.2 독일 GIL 기술

독일은 1973년에 Wehr Underground Power Station인 출 지중송전선로의 Cable에 화재가 발생하여 그 복구대책으로 GIL을 설치하여 1975년부터 운전하기 시작 하였다.

SIEMENS사는 최근에 GIL의 시스템 단순화와 알루미늄 도체와 외함 사이에 경년변화가 없는 혼합가스(N<sub>2</sub> 80%: SF<sub>6</sub> 20%)를 사용하여 GIL 전체 비용을 절감시켰다. 또한 Obital 자동용접 장비는 GIL 시공을 빠르게 하고 지상이나 터널내에서 알루미늄 파이프의 각도 유연성 확보를 가능케하여 효율성과 경제성을 향상시키게 되었다.

독일의 420kV와 550kV급 GIL의 주요 설계사항은 <표 3>과 같다.

<표3: 독일 420kV/ 550kV GIL 설계사항>

항 목	사 양
정격 전압	420 kV / 550 kV
정격 전류	3150 A / 4000 A
Lightning Impulse Voltage	1425 kV / 1600 kV
Switching Impulse Voltage	1050 kV / 1200 kV
Power Frequency Voltage	630 kV / 750 kV
Rated short time current	63 kA / 3s
가스 압력	7 bar(20℃)
절연가스 혼합비율	N <sub>2</sub> 80%, SF <sub>6</sub> 20%

### 2.2.2 미국 GIL기술

미국의 GIL은 변전설비인 GIS에서 발전되어 1972년에 230kV 송전선로에 채용하여 상업운전을 시작하였다.

미국의 대표적인 GIL제작사는 CGIT사이며, 고전압 케이블 또는 GIS Bus 디자인의 대안으로 경제적인 장거리 송전을 위하여 GIL을 개발하였다. CGIT사는 우수한 신뢰성과 서비스수명을 위하여 에폭시 절연과 함께 외함을 알루미늄 소재로 사용하고 있으며 절연가스는 SF<sub>6</sub> 또는 SF<sub>6</sub>/N<sub>2</sub> 혼합가스를 사용하고 있다. 미국의 GIL 주요 설계사항은 <표4>와 같다.

<표4:미국 362kV/ 800kV GIL 설계사항>

항 목	사 양	
정격 전압	362kV	800kV
Lightning Impulse Voltage	1300kV	2100kV
Switching Impulse Voltage	950kV	1425kV
Power Frequency Voltage	500kV	960kV
Rated current	4000A	1200A

### 2.3 GIL의 특징

GIL은 기존 지중케이블 송전선로와 비교하여 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

#### 2.3.1 대용량 전력 송전가능

GIL은 도체로 단면적이 큰 알루미늄을 사용하고 있고 enclosure로 알루미늄 합금을 사용하고 있어 열방산이 대류 및 복사에 의해 이루어지기 때문에 케이블에 비해 열적 한계가 훨씬 높아 대용량의 전력 송전이 가능하게 된다.

<표5: 송전용량 비교>

구 분	가공4도체	XLPE2000㎟	GIL520㎟
허용전류	3892[A]	1599[A]	4000[A]
역률	90%	90%	90%
송전용량	2000MVA	860MVA	2150MVA

#### 2.3.2 재폐로 적용으로 계통 안정도 증가

가공 송전선로와 같이 GIL은 self healing 가스절연 System 이기 때문에 Enclosure 내부에서 Arc가 발생한 경우 선로를 trip시킨 후 일정 시간이 지나면, 다시 어떤 정격의 절연계급까지 도달할수 있어 재폐로 적용이 가능하게 된다.

또한 GIL의 외함은 burning through없이 3sec동안 63kA의 Arc를 견딜수 있으므로 내부 Arc발생 경우에도 전력구내의 사람과 장비에 대하여 최대의 안전성을 확보 할수 있게 된다.

#### 2.3.3 Low Capacitance

GIL은 케이블에 비해 캐패시턴스가 낮기 때문에 전력 손실이 적고 별도의 무효전력 보상장치가 필요없다.

### 2.3.4 Low Magnetic Field

GIL의 외부 자계장(Magnetic Field)은 극히 낮다. GIL의 외함은 shock protection을 위하여 적절한 위치 및 양 끝단을 접지하게 되므로 induction loop를 형성하게 된다. 이때 외함에 유도되는 전류와 도체에 흐르는 전류는 180°의 위상차를 갖기 때문에 유도전류의 자계와 도체전류의 자계가 서로 상쇄되어 enclosure 외부의 자계는 매우 낮게 된다.

<표6: GIL과 XLPE의 전자기 비교>

μT (1μT=10mG)	중심 축에서의 거리			
	0m	10m	20m	30m
GIL	5	0.25	0	0
XLPE케이블 (삼각배열)	13.2	0.74	0.19	0.08

## 3. 결 론

GIL 시스템은 130kV에서 800kV급 까지 폭 넓은 전압 범위에 적용할수 있고 열손실이 가공송전선로의 1/2~1/3 정도로서 단위 선로당 1500MW~6000MW의 대전력 송전이 가능하며, 정전용량이 50pF/m 정도로 낮아 무효전력 손실이 적고 장거리송전의 경우도 별도의 무효전력 보상장치가 필요없다, 또한 가공송전선로와 마찬가지로 자동 재폐로의 적용이 가능하며 전자계 발생이 매우 낮아 민원 대응에 유리한 특징이 있다.

한편 최근 우리나라는 국민의식 수준 향상으로 환경문제 및 토지소유 관련 민원이 갈수록 심화되고 있는 실정이다. 따라서 송전선로 경과지 선정시 지역주민 요구로 일부구간을 지중화하거나 기존 가공 송전선로 경과지에 택지개발 또는 공간조성이 필요하여 송전선로 이설 요청이 있을 경우 경과지 확보보안 및 환경문제로 불가피하게 지중화가 추진 될 수 있다. 이때 지금까지는 지중선로로 cable을 주로 설치 하였지만 아직까지 송전용량에 대한 만족수준이 미흡하고 계통안정도 향상을 위한 자동 재폐로 운전을 못하는 등 cable송전선로의 몇가지 문제점이 남아 있다. 그러므로 앞에서 언급한 GIL의 여러가지 장점을 고려 할 때 단거리 구간의 민원 발생지역등 불가피한 장소에 GIL채용을 추천 할수 있겠다.

그러나 아직 국내에서 GIL을 적용한 경험이 없기 때문에 신뢰성과 경제성을 갖춘 GIL 기술확립을 위하여 GIL에 관한 산학연의 유기적인 연구개발이 요구되고 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] J.ALTER"SF<sub>6</sub>/N<sub>2</sub> GAS INSULATED LINE OF A NEW GIL GENERATION IN SERVICE" CIGRE 21-204 Sesson2002
- [2] G.Schoffner"Thermal Calculations of Gas Insulated Transmission Lines GIL BASED ON THERMAL NETWORKS"
- [3] SIEMENS"550kV Gas Insulated Transmission Line(GIL)" 05.2005