

ATP/Draw를 이용한 GIL 모델링 기법 연구

박홍석, 장태인, 강지원, 김진
한국전력공사 전력연구원

A Study on the GIL Modeling by ATP/Draw(EMTP)

Hung-Sok Park, Tae-In Jang, Ji-Won Kang, Jin Kim
KEPCO

Abstract - 345kV 4복도체 이상의 가공선로용 GIL로 지중화 대처하기 위한 검토사항 중의 하나로서 GIL-가공선로 연계시의 과전압, 접지방식, 순환전류 등의 특성을 검토할 필요가 있다. 이를 위해서는 GIL을 포함하는 송전계통을 EMTP로 모델링하여 실제통에 나타날 수 있는 다양한 현상 및 특성을 분석할 필요가 있으나, 현재 전력계통 과도현상을 모의할 수 있는 ATP/Draw(EMTP) 상에는 GIL을 모델링하기 위한 명시된 모델이나 방법이 존재하지 않아 현상 분석에 어려움이 있다. 따라서, 이 논문은 가공선로 중간의 일부구간에 GIL이 존재할 경우에 있어서 ATP/Draw(EMTP)를 이용한 GIL 및 가공송전선의 혼합선로 모델링에 대한 내용을 다루며, 구체적으로 GIL에 대한 모델링 시 GIS 또는 Cable 모델을 이용한 모의방법을 비교분석하여 적합한 방법을 제안한다.

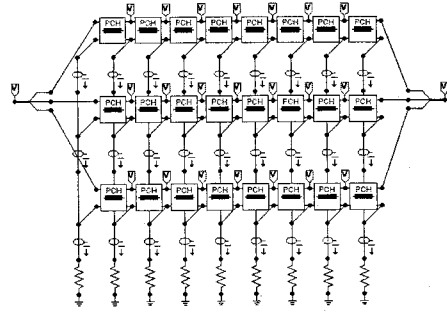
에 보여주고 있는 바와 같이 3상 1회선의 각 상을 단상으로 분리하여 모의하였다.

2.1.3 LCC Single Core Cable을 이용한 GIL 모의

외합과 도체로 이루어진 GIL의 구조상으로 볼 때 Enclosing Pipe로 모의하는 방법이 보다 정확하지만, Enclosing Pipe에서는 1도체 1회합의 방식으로 이루어진 GIL의 구조를 정확하게 모의할 수 없다. 따라서 기존의 지중송전케이블의 모의방식인 Single Core Cable을 이용하여 모의를 하고, 외합은 케이블의 Sheath를 이용하여 구현하여 단상 분리형의 3상 GIL을 동시에 모의하였다.

1. 서 론

최근 대용량 송전선로의 지중화 시 유력한 대안으로 부각되고 있는 GIL(Gas Insulated Transmission Lines)의 경우, 현재 국내외 변전소에서 광범위하게 사용되고 있는 GIS(Gas Insulated Switchgear)와 구조면에서 유사한 형태를 가지고 있다. GIL의 구조를 살펴보면 도체가 외합으로 둘러싸여 있고, 외합과 도체사이를 SF6 또는 N2/SF6 절연가스로 주절연을 유지한다는 점에서 기본 구조가 유사하다고 볼 수 있다. 그러나, 전력계통 과도해석프로그램으로 널리 알려진 EMTP의 경우 임펄스프로그램인 ATP/Draw에 GIL을 모의하기 위한 적절한 시뮬레이션 모델이 없다. GIS 모델의 경우 Pipe 타입으로 단상과 3상 일괄형 GIS 모델링만이 가능하며, 현재 국내계통에 적용 예정인 3상 분리형 GIL과는 구조상 차이가 있다.



<그림 1> GIS 모듈을 이용한 GIL 모델링

따라서 본 논문에서는 EMTP ATP/Draw에서 GIL을 모의할 때, Pipe 타입의 GIS 모듈을 이용하는 방법과 지중송전계통의 케이블 모의방법을 각각 이용하여 GIL 모델을 구성하고, 한편으로 가공선로와의 혼합선로 모델을 구축하여 써쳐 응답에 대한 시뮬레이션 결과의 비교분석을 통하여 적절한 GIL 모델링 방법을 알아보고자 한다.

2. 본 론

2.1 GIL 모델링

2.1.1 국내외 GIL의 설계규격

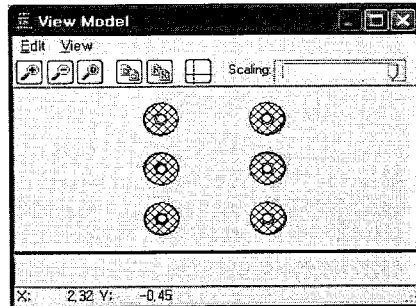
GIL은 도체 및 외합 모두 고전도성 알루미늄으로 제작되며, 국산개발 GIL의 외합 외경은 520mm, 도체외경은 180mm이다.

<표 1> GIL의 설계규격[예]

항목	국산개발	Siemens	Azz CGIT	Areva
설계전압[kV]	420	420	420	420
허용전류[A]	4,065	3,150	4,500	4,000
포설환경	전력구	전력구	지상	지상
가스 혼합비	SF6 20%	SF6 20%	SF6 100%	SF6 10%
가스 압력[bar]	7	7	4	9.3
도체 외경[mm]	180	180	178	180
도체 두께[mm]	15	10	12.7	11
외합 외경[mm]	520	520	508	520
외합 두께[mm]	10	10	6.4	10

2.1.2 LCC Enclosing Pipe를 이용한 GIL 모의

일반적으로 EMTP를 이용하여 변전소의 구내 GIS 또는 GIB를 모의할 때에는 ATP/Draw의 LCC에서 제공하고 있는 Enclosing Pipe를 이용한다. 변전소 구내의 가스절연모선(GIB, Gas Insulated Bus)의 경우 그 구조가 본 논문에서 검토하고자 하는 가스절연송전선로(GIL, Gas Insulated Transmission Line)와 매우 유사하기 때문에 다음 <그림 1>



<그림 2> Single Core Cable을 이용한 단상 GIL 3상(1회선) 모델링

2.2 EMTP/ATP Draw를 이용한 모의계통 구현

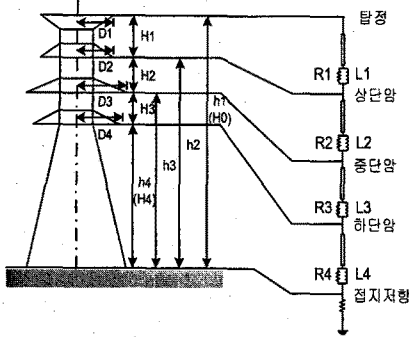
2.2.1 분석 모델계통의 EMTP 모델링

모델계통은 GIL-가공 혼합선로로서 GIL 적용 대상선로인 345kV T/L 선구간을 모의하였으며, 양단의 A 변전소와 B 변전소에서의 모선 3상 단락, 1선 지락 고장을 모의한 PSS/E 데이터를 바탕으로 전원인피던스를 계산하여 최대한 실제통과 일치하도록 하였다.

- ① 선로모델
 - 345kV A T/L : 총 공칭 35.865km
 - 상도체 : ACSR 480^{mm2}] 2 Circuit 4 Bundle
 - 가공지선 : ACSR 97^{mm2}] 2 Circuit

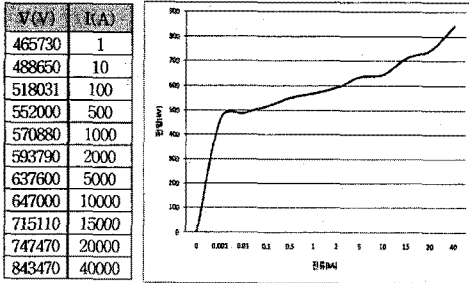
② 철탑모델

- 철탑은 단상 분포정수 선로를 이용하는 경우가 많으며, 여기서는 일본에서 제안된 4단 철탑 모델법을 사용하여 모의하였다. 이 모델은 현장실측 결과를 이용하여 개발되었으므로 아킹온 간의 전압이 현장 실측치와 일치되는 것이 장점이며 그 작성방법 및 기본회로는 아래 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 4단 철탑모델 작성법

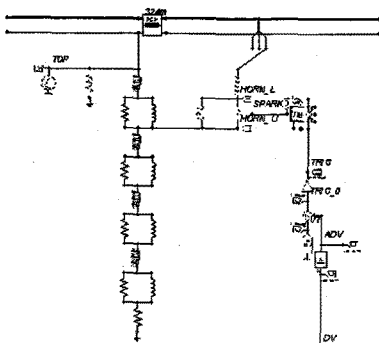
- ④ 전원임피던스: 가공송전선로의 양단과 연계된 A 및 B 변전소 모선의 3상 단락, 1선 지락 고장을 모의한 PSS/E 데이터를 이용하여 전원임피던스 계산하였다.
- ⑤ 피뢰기: 국내 사용중인 345kV급 피뢰기 적용



<그림 4> 적용된 345kV 피뢰기의 V-I 특성 및 V-I 특성곡선

2.2.2 뇌 썩지 모의(Lightning Surge) 모의

- ① 직격뢰(차폐설): 35kA, 1.2/50[us], 위치별 A상 뇌격 침입
- ② 역설락(아킹온 단락): 120kA, 2/70[us], 위치별 철탑 상단암 뇌격
- ③ 역설락 모델(아킹온 모의)
 - 뇌격과 동시에 아킹온을 단락하여 모의하는 방법으로 TACS의 기능을 이용하여 역설락을 모의하였다. <그림 5>은 역설락 모의를 위한 TACS 모델이다.



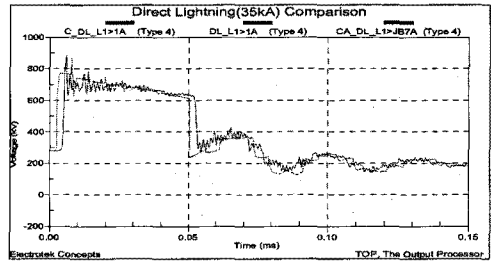
<그림 5> TACS를 이용한 역설락 모의

2.3 GIL 모델링 방법에 따른 뇌썩지 과전압 비교

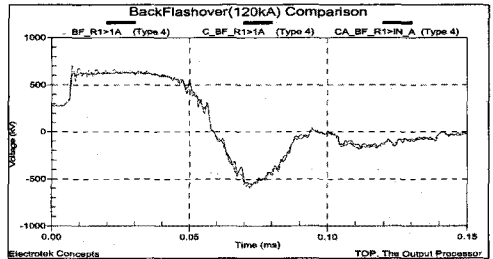
GIL의 모델링 방법에 따른 차이점을 알아보기 위하여 GIL의 양단에서 직격뢰와 역설락으로 뇌썩지 침입시 GIL 선로의 과전압을 비교 검토하였다. GIL의 모의는 (1) Enclosing Pipe, (2) Single Core Cable 각각의 방법으로 단상으로 3상 1회선을 모의하였고, 또한 (3) 지중케이블 시스템의 모의방식인 Single Core Cable을 이용하여 GIL을 3상 일괄로 모델링하였다. 다음 <표 2>는 GIL 모의방법에 따른 뇌썩지에 의한 과전압을 비교한 것이다.

<표 2> 모의방법에 따른 뇌 과전압 비교

구분	직격뢰(35kA)		역설락(120kA)	
	L1	R1	L1	R1
뇌격위치				
(1)	865.2	819.9	857.6	705.2
(2)	867.7	814.3	854.2	706.3
(3)	882.3	882.3	879.0	730.0



<그림 6> 직격뢰 35kA 뇌썩지시 GIL 선로 과전압



<그림 7> 역설락 120kA 뇌썩지시 GIL 선로 과전압

3. 결론

지금까지 가공선로 중간의 일부구간에 GIL이 존재하는 경우에 있어서 ATP/Draw(EMTP)를 이용한 GIL 및 가공송전선의 혼합선로 모델링에 대한 내용을 다루었다. 위의 <표 2>에서 보는 바와 같이 세 가지의 모델링 방법 중에서 단상으로 별도로 3상을 모의한 (1)과 (2)의 뇌 과전압은 큰 차이를 보이지 않고 있다. 따라서 Pipe 타입이나 Single Core Cable 모델링은 동일한 것으로 간주될 수 있다. 그러나 (3)의 Single Core Cable을 이용한 GIL 3상 일괄 모델링의 경우에는 (1) 및 (2)의 결과와 큰 차이가 있으며, 이 차이는 3상 동시에 모의 시 상간의 상호작용 반영유무에 기인하는 것으로 볼 수 있다.

종합하면 GIL 1상의 모델링시 Pipe 타입이나 Single Core Cable 모델링 사이에는 차이가 없으므로, Pipe 타입인 GIL의 모델링에 Single Core Cable을 사용해도 무방하다고 볼 수 있다. 그러나 3상 GIL선로의 실제 모델링시에는 상간의 상호영향을 고려할 수 있도록 Single Core Cable 모델링 방법을 사용하되 3상 일괄로 동시에 모의하는 것이 바람직하다고 사료된다.

[참고 문헌]

- [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] 1차년도 연구진도보고서, "초고압 대용량송전선로(GIL) 설계용 적용을 위한 연구", 한국전력공사, 2008