

케이블 크로스본드 및 CCPU 적용검토

김 영, 김 상민*, 신 정규
대한전선 주식회사

Consideration of cable cross bonding and cable covering protection units

YOUNG KIM, JANG-WOEN KIM*, JEONG-KUE SEONG
TAIHAN ELECTRIC WIRE CO., LTD

Abstract

In the system of underground transmission line, the rate of electrical failure is very low, but, if once occurring, the failure evolves into a paralysis of the system, the time of restoration is very long, the damage from stopping of power supply is very serious, and the cost of restoration is very great. Because of these problems, you must try to protect the system and equipment from every electrical failure by contributing much carefulness to the design and operation of the underground system.

This study summarizes the results of simulation tests about the effect of installing this protection device on the insulated joint box and the terminal end box.

1. GIS 개폐기에서 발생하는 서지 전압

종래 사용 되어온 옥내외 가중변전소에 비해 GIS에는 단거리 간에 다수의 분기점을 포함하고 있어 장치 특유의 서지 특성에 의해 급준한 서지성 전압이 발생하여 전파된다. GIS에 직결된 케이블 급속 스위스에 유기된 전압을 실측한 예를 Fig-1에 나타냈다. 이것에 의하면, 발생하는 전압은, 20MHz 정도의 고주파의 감쇄 진동파형으로 되는 것을 알 수 있다.

전력 계통에서 발생하는 이상진압에 대해서 해석적으로 구하는 방법으로서 미국의 B.P.A(BONNEVILLE POWER ADMINISTRATION)에서 개발된 EMP (Electric Transient Program)을 사용하는 것이 가능하며, 이것을 이용하여 케이블 선로에 연결된 GIS를 포함한 전력 계통에 대한 GIS의 CB 투입시에 발생하는 전압을 구해보면 도-1에 나타낸 것과 같으며, 마지 수 10 MHz 정도의 진동이 중첩한, 파두장 0.1 μ s 정도의 급준파로 되는 것을 알 수 있다.

I. 서론

지중송전 설비는 사고발생의 빈도는 낮으나 일단 사고가 발생하면 영구 사고로 진전되어 사고 복구시간이 길고, 정전 피해가 크며, 복구비도 많이 소요되는 등의 어려움이 있어 설계시에 신중을 기해야 함은 물론, 운용에도 만전을 기함으로써, 각종 전기적 사고로부터 설비를 안전하게 보호해야 한다.

전력 수요의 증가, 공급신뢰도의 확보, 도시미관의 유지, 경과지 및 부지확보의 어려움등의 필요성에 따라 지중송전 설비와 GIS 변전소가 증가하고 있는 추세이며, 최근 이와 같은 가스절연 축소형 변전소(GIS)의 채용이 확대됨에 따라 GIS의 개폐 동작시 이때에 발생하는 서지 전압에 의해 전력 케이블의 급속 스위스 회로에 종종 문제가 생기고 있으며 이러한 현상의 주된 원인은 GIS 개폐기에서 발생하는 서지 전압이 파두장 0.1~0.5 μ s 정도의 급준한 전압파형으로 되기 때문에 지금까지 사용 되어온 보호 장치 및 보호회로가 유효하게 동작되지 않는 것으로 시료되며, 이 급준한 서지 전압에 대한 케이블 급속 스위스의 절연체인 방식층 및 절연층의 보호 시스템에 관한 상세 검토 및 적절한 대책을 세우는 것이 필요하다.

본 연구에서는, 이 보호방식에 대해서 절연손상 및 종단전속상에 설치방법의 효과에 대하여 검토 정리하였다.

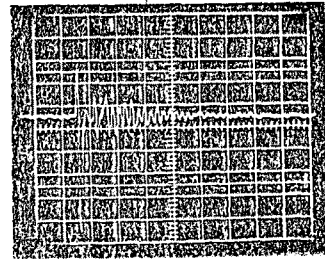
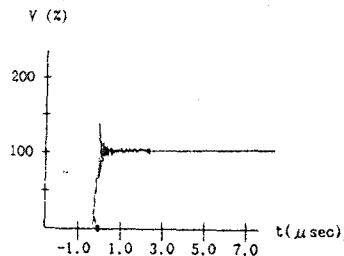


Fig-1 GIS 직결종단상의 케이블 스위스 서지 전압 (CB ON)
4kV/DIV 0.2 μ s/DIV

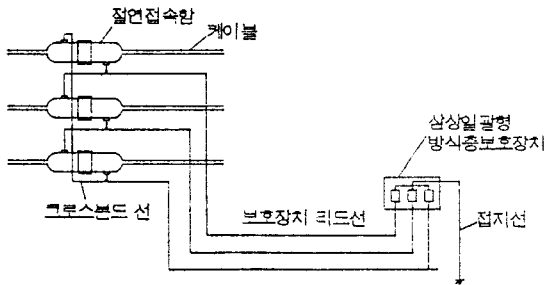


도-1 GIS 직결 케이블 계통의 GIS-CB 투입시의 GIS 개방단의 전압파형

2. 현 적용 보호 시스템의 문제점

전력 케이블 선로의 외부에서 도체에 침입하는 서지전압에 유기되는 케이블 쉬스 전압을 제한하고 방식층 및 절연통을 보호할 목적으로, 지금까지 도-2에 예시한 것과 같은 보호시스템이 채용되어 왔으나, 특히 EB-G 절연통의 보호시스템은 적용되지 않고 있으며, 전술한 급준한 서지에 대해서는 다음의 두가지 관점에서 유효하지 않다는 것이 판명됐다.

- 1) 방식층 보호장치로부터 접지선까지의 Lead 선에는 임피던스가 존재하며 Lead 선이 길어지면 이부분의 전압강하에 의해 케이블부에는 높은 전압이 나타난다.
- 2) 보호장치 본체에 air gap 을 가지는 어레스터를 사용할 때에는 급준파에 대한 air gap에 의해 방전이 지연되어 방전개시 전압이 마치 상승한 것처럼 되어 장치 본체의 단자전압이 상승한다.



도-2. 현 적용 보호시스템

3. 기초 실험

각 보호방식에 대해서 각종방식의 리드선 리액턴스를 검토한 결과는 표-1 과 같다.

표-1 각종방식의 리드선 리액턴스

| 구 분 | 리드선 사이즈 | 리드선 길이의 리액턴스 (μH) | | | |
|---------------|--|-------------------|--------|--------|--------|
| | | 0.5(m) | 1.0(m) | 2.0(m) | 5.0(m) |
| (1) 현 사용방식 | 150mm ² IV | 3.3 | 4.5 | 5.5 | 12.0 |
| (2) CIGRE 방식 | 동축 150mm ² | - | - | 1.6 | 1.9 |
| (3) 동판 방식 | 동판 60mm ² 150mm ² IV | 3.3 | 4.5 | 5.5 | - |
| | 동판 140mm ² 150mm ² IV | 2.5 | 4.0 | 5.3 | - |
| (4) 고리 비접지 방식 | 60mm ² IV | 0.6 | 1.5 | 3.6 | - |
| | 150mm ² IV | 0.5 | 1.0 | 3.5 | - |

3.1 각종 보호(배선) 방법

총래 채용되어온 방법에 부가하여 임피던스를 극히 적게하기 위하여 ZnO 소자를 이용한 소형의 보호 장치를 사용할수 있는 방식에 대해서 비교해 보면 다음과 같다.

1) 현 사용 방식(대지 접지 방식)

현재까지 주로 사용 되어온 방식은 특히 리드선의 임피던스를 줄이기 위해, 접속상이 설치된 인공맨홀 편축에 3상 일괄형의 보호장치 (LB-6XAB / 3AB) 를 취부하고, 리드선은 보통 5~10m 정도로 된다.

2) CIGRE 방식

유럽 지역에서는 전력 케이블의 포실로서, 국내와는 다르게 직매포설 방식이 많이 채용되고 있으며 보호장치로서는 Link Box 내에 내장하는 형으로 하고 있다. 이것은 보수점검의 측면에서 Joint Bay 에서 이격시켜 따로 Hand Hole 에 설치하며 리드선은 10m가 넘는 경우도 많이 있다. 이 때문에 1976년 CIGRE에서 리드선의 임피던스의 문제가 논의되어 임피던스를 적게하기 위해 동축케이블을 리드선으로 사용하는 것이 추천장려되었다.

3) 동판 사용 방식

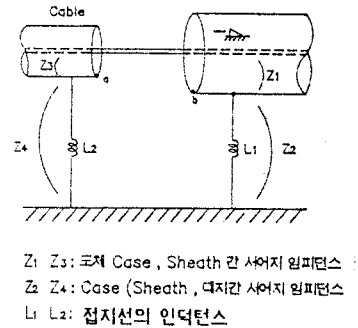
리드선의 고주파 임피던스를 저감하기 위해 일부분에 동판을 사용하는 방식으로서, 종래의 보호 장치를 단상형으로 하여 보호장치를 접속상의 형변에 취부하고 접속상과 보호장치간에는 TV선을 사용하고 보호장치간에는 동판을 사용하고있다.

4) 고리 비접지 방식

전에는 접속상의 금속쉬스 회로에는 보호장치기 대지와 금속쉬스간에 접속되어 대지와 금속 쉬스간에 침입하는 서지전압에 대해서도 보호하는 회로로 되어있으나, 전력 케이블 금속쉬스에 유기된 서지전압은 도체에 침입한 서지전압을 전달하는 과정에서 IJ 에 금속쉬스가 불연속으로 되기 때문에 보호장치 1개만을 가지고 양단의 금속쉬스를 By-pass 하는 형으로 IJ 부분에 대지간을 접지하지 않는 방식이다.

4. 보호 방식별 과전압 현상 검토

GIS의 중심도체와 외부 케이스간에 고주파 서지전압이 발생하여 케이블의 SF₆ 가스중 종단부에 전달되면, 도-3 과같이 각 서지 임피던스와 쉬스접지선의 인덕턴스 로 분압된다. 배선 사이즈, 길이, 등에 대하여 인덕턴스 및 절연통 간의 전압의 관계를 정리하여 보면 도-6 과 같으며 CIGRE 방식을 제외하면 거의 직선적인 관계로 된다.



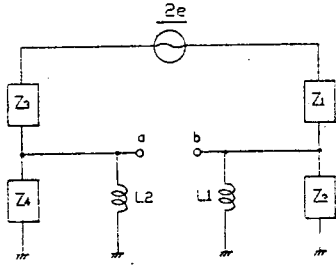
도-3. SF₆ 가스중 종단부의 서지 전압의 분포

개폐장치와 케이블과의 접속점에 있는 절연통간 (도-3, a~b) 에 나타나는 전압 V_{ab} 는 테브닌 정리에 의해 도-4 의 등가 회로를 구할수있다.

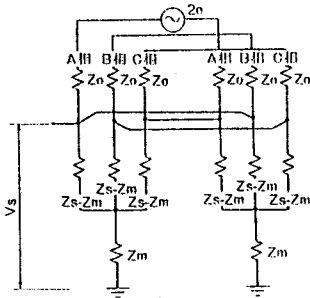
$$V_{ab} = \frac{2(Z_a - Z_b)}{Z_1 + Z_3 + Z_a + Z_b} * e$$

$$(Z_a = \frac{Z_2 * Z_{L1}}{Z_2 + Z_{L1}}, Z_b = \frac{Z_4 * Z_{L2}}{Z_4 + Z_{L2}})$$

단, Z_{L1}, Z_{L2} 는 인덕턴스 L₁, L₂ 의 임피던스



도-4. SF₆ 가스중 종단부의 등가회로

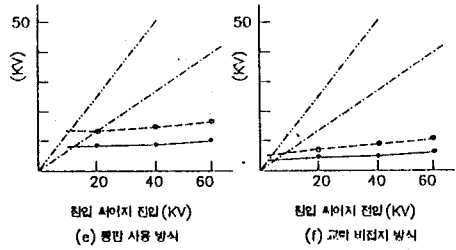
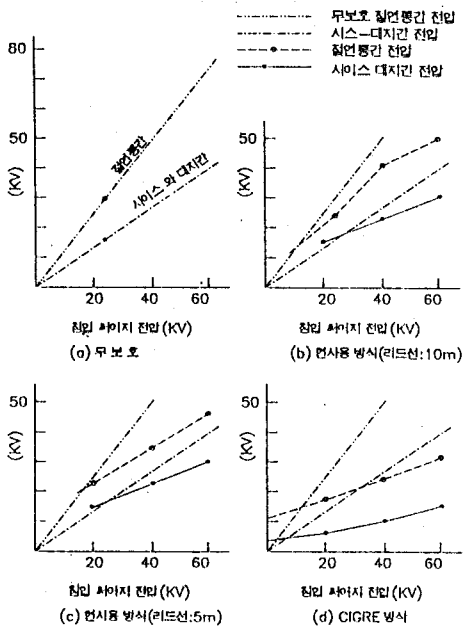


도-5. LJ CROSS-BOND 부의 등가회로

$$V_s = Z * n * e$$

$$n = \frac{(Z_s - Z_m)}{4Z_o + 3(Z_s - Z_m)}$$

- e : 유도전압의 Peak 치
- Zs : 스위치 대지간 서여지 임피던스
- Zm : 금속쉬스 대지간의 상호 서여지 임피던스
- Zo : 도체 금속쉬스간 서여지 임피던스



도-6. 각 방식별 서지 침입전압에 대한 쉬스유기전압 분포

II. 결 론

1. 검토 결과

- 1) 검토한 각종 보호방식에서, 금속쉬스 유기전압 및 절연통 간 전압은 도-4 의 등가회로를 사용하여 해석할수있다.
- 2) 교락 비접지 방식은 보호회로의 임피던스를 최소로 줄일수 있다.
- 2) GIS 개폐시에 발생하는 파고치 0.4 μs 정도의 급준한 서지 전압에 대해서는 종단부에서의 접지선 또는 보호장치의 배선 리드가 5m 이상으로 되면 개방단과 동등한 효과가 된다.
- 3) 선로 보호적용 안을, ZnO 소자의 사용개수를 최소로 하고, 쉬스 유기전압 저감대책 으로 하는 경우에 교락비접지 방식 이 우수한 것으로 나타났다.

2. 검토 결과

이상의 관점에서 실선로에의 적용방안은 ZnO 소자를 사용한 교락 비접지 방식으로 개선하는것이 바람직 한것으로 사료 된다.

**** 참고 문헌 ****

1. SF₆ Gas 絶縁開閉装置와 電力케이블 接続部の Sheath Surge (大橋他 1989년 日本電氣學會 全國大會)
2. Cross-Bond 케이블 線路의 서지 特性 (石原 電氣學會志 Vol. 86-3)
3. Sheath 有起電壓과 그 保護 (第68回 高電壓 技術研究會資料 1980.10)
4. 電力케이블 技術 핸드북 제 12 장 (日本 電氣書院 1989)
5. Underground Transmission Systems Reference Book (Character 4, 1992 Edition)