

技 術 動 向

架空配電線の絶縁化と保護継電方式

李 光 遇
〈韓電(株)技術開發研究所 所長〉

目 次

1. 머 리 말
 2. 絶縁電線の 構造
 3. 絶縁電線の 事故特徵
 4. 絶縁電線の 斷線 및 落下防止
 5. 故障保護 繼電方式
 6. 檢 討
- 參考文獻

1. 머 리 말

配電系統의 主構成物인 架空線路는 需用家設備과 가장 密接한 關係에 있으며 事故發生率 또한 一般的으로 많은 곳이다. 事故發生으로 수반되는 異常電壓·電流는 配電設備 自體와 需用家 機器를 損傷시키며 때에 따라 配電線의 斷線落下나 機器의 絶縁破壞를 야기시키고 接觸에 의한 人蓄事故의 原因이 되기도 한다. 따라서 이러한 2次的인 事故를 防止하기 위하여 事故區間을 迅速히 除去되어야 하나 이로인한 健全部의 停電範圍가 最少가 되게 하는 것도 重要한 일이다.

配電設備에 대한 接觸으로 發生하는 安全上의 危險을 輕減하기 위하여 近來에는 電線의 絶縁化를 普及하기에 이르렀다. 그러나 電線이 絶縁化된 경우 순간적 안테나 및 鐵骨材 등의 金屬物接觸으로 인한 人蓄事故와 樹木接觸에 의한 地絡事故는 減少되나 保護面에서 새로운 問題點을 提起한다. 즉 配電線의 斷線落下에도 불구하고 絶縁被覆 때문에 事故點의 地絡임피던스는 높은 값을 유지하는 경우가 많다. 따라서 從來의 繼電器에 의한 事故의 除去遮斷이 不可能하고 減電事故의 危險을 存續시킨다.

이러한 狀況에서 外國의 電力會社는 새로운 保護繼電方式을 開發하여 좋은 結果를 얻고있으나 信賴度向上과 價格低廉化面에서 상당한 時日이 所要될 것으로

생각된다.

여기서는 특히 絶縁電線의 事故特徵과 配電線의 保護繼電方式에 대한 現況과 開發動向에 대하여 소개하기로 한다.

2. 絶縁電線の 構造

우리나라의 1차 配電線路는 6.6KV와 3.3KV 非接地方式에서 점차 22.9KV 多重接地方式으로 전환되고 있으며 따라서 현재로는 非接地方式과 多重接地方式이 共存하고 있다.

絶縁電線은 高壓用(非接地 系統)과 特高壓用(多重接地 系統) 2種을 開發하여 사용하고 있다.

絶縁電線의 構造는 鋼芯알미늄 전선(ACSR)과 硬알미늄 전선(HAL)에 3.0~4.0mm 두께의 絶縁物로 被覆한 그림 1과 같은 형태를 띄어 있으며 絶縁材料는 架橋폴리에틸렌(Cross-linked Polyethylene)을 사용하고 있다.

또한 絶縁전선의 耐電壓은 高壓用의 경우 水中에서 12KV 1분간, 特高壓用의 경우 25KV 1분간이다.

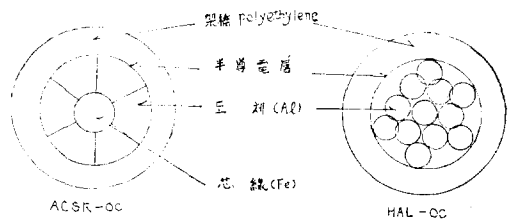


그림 1. 架空 絶縁電線의 構造

3. 絶緣電線の事故特徴

絶緣電線은 電서지와 같은 異常電壓에 의하여 絶緣被覆이 바늘구멍과 같은 모양으로 破壞되고 發弧되어 續流아크가 貫通하게 된다. 이 續流아크는 電磁力에 의하여 導體 표면으로 移行 하려해도 被覆때문에 移行하지 못하고 아크點(Arc Spot)이 고정되는 현상때문에 發熱부위가 集中되어 쉽게 落斷된다.

동일 電流에 대한 溶斷時間을 비교하면 그림 2와 같이 裸電線에 비하여 1/5~1/10정도로 짧다^{3,4)}.

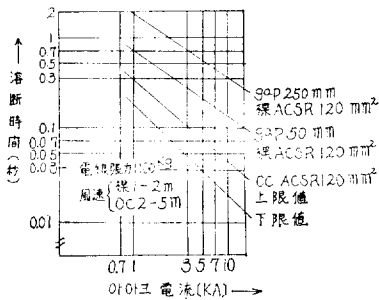


그림 2. 裸電線과 絶緣電線 ACSR 120mm²의 아크 溶斷特性

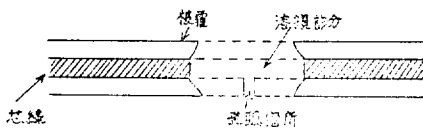


그림 3. 絶緣電線の 溶斷部 狀況

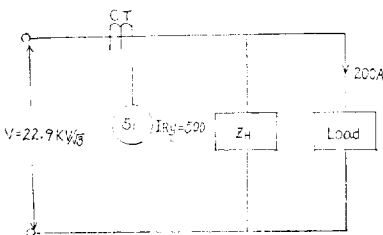


그림 4. 負荷와 保護可能한 最大 故障임피던스

絶緣電線の 落斷狀態는 그림 3과 같이 芯線이 絶緣被覆속에서 斷線되므로 充電부분이 노출되지 않은 事例가 많다. 實사 地上에 落下하여 先端이 地面에 접촉

된 상태이더라도 접촉면적이 적어서 地絡 임피던스는 상당히 큰값으로 유지 된다. 습한 地面이라 할지라도 아크 저항이나 加熱되는 현상으로 높은 地絡 임피던스로 變化되어 종래의 過電流 保護 繼電器로는 보호될 수 없다.

예로 그림 4와 같이 22.9KV 線路에서 負荷電流가 200A이고 過電流 繼電器(OCR)가 500A에서 動作되도록 설정했다고 가정하면 保護가능한 故障임피던스 Z_H 는

$$Z_H = \frac{V}{I_{ry} - I_{Load}} = \frac{22,900/\sqrt{3}}{500 - 200} \approx 44(\Omega) \quad (1)$$

로 計算되어 44(Ω)이하가 되는 낮은 故障 임피던스 일때만 保護될 수 있음을 알 수 있다.

한편 絶緣電線이 溶斷될때 수반되는 過電流 現象에 의한 保護繼電器의 動作과 保護協調 관계를 살펴보면 대부분의 過電流 繼電器(OCR)와 過電流 地絡 保護繼電器(OCGR)는 反限時形이므로 絶緣電線の 溶斷特性和 비교하면 그림 5와 같다.

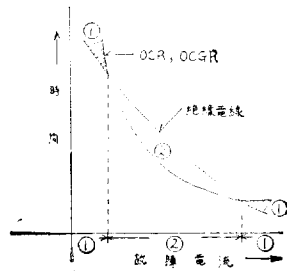


그림 5. 過電流(地絡) 繼電器 動作特性和 絶緣電線の 溶斷特性和

故障電流로 區分되는 영역①에서는 OCR이 動作되기 전에 絶緣電線이 溶斷되어 落下하게 될것이므로 過電流 狀態에서 地絡狀態(高임피던스 地絡)로 급격히 변화하게 됨에 따라 繼電器는 動作상태에 이르지 못하고 원상태로 복귀하게 된다.

영역②에서는 電線이 溶斷되기 전에 OCR이 動作되어 일부素線이 斷線된 狀態로 남게 될것이므로 負荷電流에 의한 溶斷事故나 張力에 의한 斷電事故(특히 추운겨울) 위험이 常存하게 된다.

絶緣電線이 溶斷됨과 同時에 保護繼電器가 動作하여 遮斷되는 것이 바람직 하겠으나 理論的으로는 그 곡선이 겹치는 곳을 제외한 모든 영역에서 保護協調가되지 않음을 알 수 있다.

絶緣電線の 斷線事故特徵은 주로 電害로 인하여 絶緣이 破壞되고 아크가 발생되어 溶斷되는 것으로 발표되고 있^{3,4)}으며 대부분 電線을 지지하는 架차부근에

서 斷線된다. 非接地 系統에서는 완금등을 통한 2~3 相 短絡事故로 진전된 狀態에서 斷線된다.

4. 絶縁電線の 繼線 및 落下防止

20~30KV 特高壓配電線路에서는 短絡이나 地絡事故가 發生되면 아-크 電流가 커서 絶縁電線을 대부분 溶斷된다. 따라서 그림 6과 같이 아-크혼을 애자에 취부하여 異常電壓 進入時 아-크를 아-크혼으로 유도시켜 電線을 손상되지 않도록 하는 방법이 있다.

6.6KV급 配電線路에서는 애자부근 1m이내에서 溶斷되는것을 착안하여 그림 7과 같이 保護링을 취부 하기도 한다(日本 中部電力).

絶縁電線이 斷線되었을 때 地上에 落下되는 것을 방지하기 위하여 그림 8,9와 같이 補強絶縁바인드명과 라인스페샤 취부법 등을 利用하고 있다.

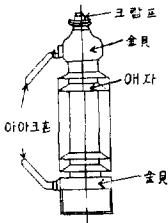


그림 6. 아-크혼에 의한 斷線 防止法

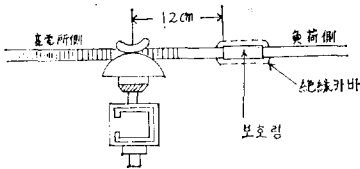


그림 7. 保護링에 의한 斷線 防止法

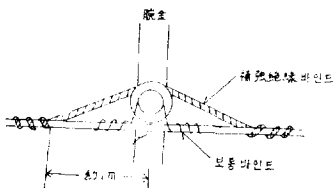


그림 8. 補強 絶縁바인드에 의한 落下防止法

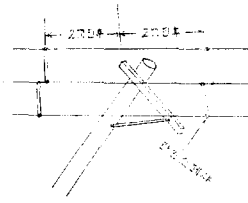


그림 9. 라인스페샤에 의한 落下防止法

5. 故障保護 繼電方式

5.1 多重接地 配電系統

그림 10에서 多重接地地 3相 4式 配電系統 保護用인 過電流 繼電器는 負荷電流보다 높은 過電流를 檢出되도록 整定하고 過電流 地絡保護 繼電器는 예상되는 不平衡 電流보다 높은치에서 檢出되도록 整定한다.

따라서 絶縁電線이 斷線되어도 絶縁被覆으로 인하여 導體가 大地와 접촉되지 않거나, 樹木접촉등으로 絶縁破壞됐을때도 接觸면의 高임피던스나 아-크저항으로 인하여 故障電流의 크기가 제한되기 때문에 OCR나 OCGR는 檢出 되지 않는다.

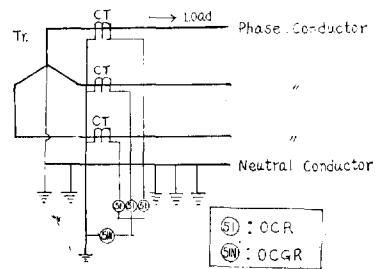


그림 10. 多重接地 配電系統의 保護繼電方式 例

우리나라는 絶縁電線을 사용한 經歷이 얼마되지 않아서 事故統計와 그의 原因分析 資料 및 여러가지 實驗한 實測資料가 많지 않다. 따라서 우리와 같은 配電方式을 채택하고 있는 미국등지에서 실행한 實驗이며 새로이 開發研究중인 繼電方式을 중심으로 설명하고자 한다.

Pensylvania Power and Light Company(이하 PP&L로 表記함)에서는 XLP(架橋폴리에틸렌)被覆電線과 裸電線을 여러형태의 地表面에 地絡시켜 典型的인 故障電流의 크기와 시간적 變化特性을 科明하고 該

절한 保護遮斷 方式을 수립하기 위하여 East Allentown Test(66/12kV East Allentown 變電所에서 實施)를 시행 하였으나 상상의로 繼電器(電流檢出 方式)를 動作시킬만한 충분한 故障電流가 絕緣電線이나 裸電線경우에도 흐르지 않는 結果로 나타났다.

이 實驗結果로는 地絡保護用 繼電器는 50A 이하의 電流에 檢出되도록 整定하는 것이 바람직한 것으로 나타났다으나⁹⁾ 負荷電流나 負荷不平衡 電流值를 考慮할 때 적용 불가능한 문제이다.

絕緣電線이 斷線된후 地絡되지 않은 事故(高임피던스 故障)에 대하여 電算프로그램에 의한 故障解析結果 심한 電壓및 電流 不平衡 現象이 나타났다.

이에 착안하여 PP&L에서는 零相電壓을 이용한 高임피던스 故障檢出 繼電方式 開發에 참고하고 事故發生時 回路의 다른 特性유무도 糾明하려는 목적으로 實配電線路에 대상으로 임피던스 故障를 인위적으로 發生시켜 零相電壓 測定實驗을 실시하였다. 그 結果 電壓繼電方式으로 正常狀態와 高임피던스 故障時 零相電壓 變化를 檢出하여 遮斷할수 있음이 입증했으며 電流의 位相變化및 大地-一相間電壓을 Fourier波型 分析結果 分布의 變化가 나타났다¹⁰⁾. 또한 電算프로그램에 의한 故障解析 結果와 實測值를 비교한 結果 配電系統의 복잡한 故障狀態도 電算프로그램을 이용하여 計算할 수 있음이 입증된다.

이 電算프로그램을 활용하여 高임피던스 故障狀態와 故障位置, 系統의 構成 및 負荷狀態를 감안한 故障解析으로 새로운 繼電方式 研究와 그의 效果分析에 이용였다.

또한 PP&L과 Advanced Systems Technology Division of Westinghouse Power Systems Company는 합동으로 다음 6가지 繼電器 開發研究를 시행하였다.

1) 比率 接地繼電器(Ratio Ground Relay)

不平衡 電流比에 비례하여 故障檢出 감도가 변하는 繼電方式으로 電流의 크기에는 無關하다.

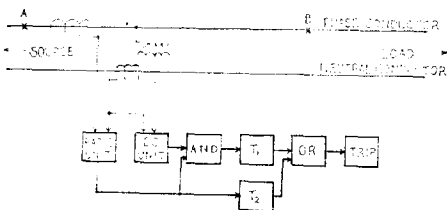


그림 11. 比率 接地繼電方式

그림 11에서 零相電流 I_0 와 正相電流 I_1 의 比 I_0/I_1 가 비리 整定값(整定值)보다 클때는 "RATIO UNIT"가 檢出하고 "DO UNIT"는 負荷側 事故일때 動作하도록 構成되어 있어서 負荷側 事故일때는 時遲延이 적은 타임 " T_1 "을 동작시켜 곧 遮斷하게 되며 電源側 事故일때는 時遲延이 많은 " T_2 "를 통하므로 遮斷이 늦어진다. 그림 12는 "RATIO UNIT"와 "DO UNIT"의 動作特性을 나타낸 것이다.

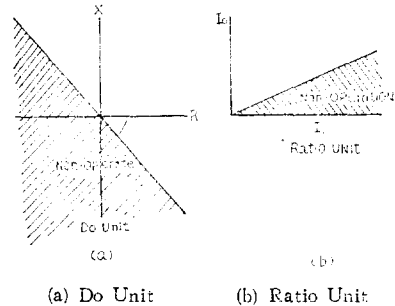


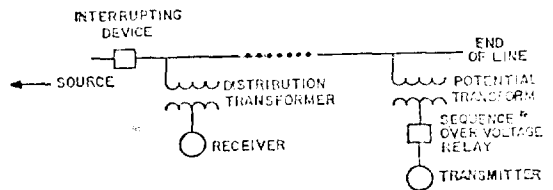
그림 12. 比率接地 繼電器의 動作特性

2) 低電壓 繼電器(Undervoltage Relay)

線路에 斷線事故가 發生했을때 故障點 이후 線로는 電壓이 喪失된다. 만일 負荷側에 Δ -Y結線된 容量이 큰 變壓器가 있어서 逆送電 되더라도 뚜렷하게 電壓이 降下된 狀態로 나타나게 되므로 線路 末端에 設置한 低電壓 繼電器로 低電壓을 檢出하고 적절한 保護조치가 이루어지도록 通信信號를 보낸다.

3), 4) 零相 및 逆相 過電壓 繼電器(Zero and Negative Sequence Overvoltage Relay)

事故가 發生되면 事故點 이후의 線路는 電壓 不平衡으로 零相이나 逆相電壓이 상승하게 된다. 따라서 零相이나 逆相 過電壓 繼電器로 非正常的인 過電壓을 檢出하여 保護遮斷하는 방식이다. 繼電器의 檢出信號를 電源側으로 送信할 수 있도록 通信設備도 갖춰야 하는 등 經濟的 側面에서 불리한 조건이 따른다.

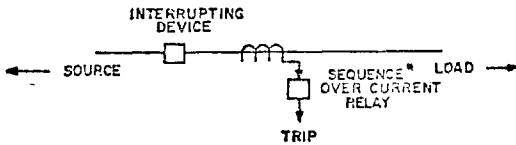


* Zero or Negative

그림 13. 零相 및 逆相 過電壓 繼電方式

5), 6) 零相 및 逆相 過電流 繼電器(Zero and Negative Overcurrent Relay)

斷線과 같은 事故가 發生되면 事故點 以前 電源側 線路에는 심각한 不平衡 電流가 흐르는 경우가 많다. 이러한 비정상적인 不平衡 電流에 의한 零相 및 逆相 過電流를 檢出하여 保護하는 方式이다.



* Zero or Negative

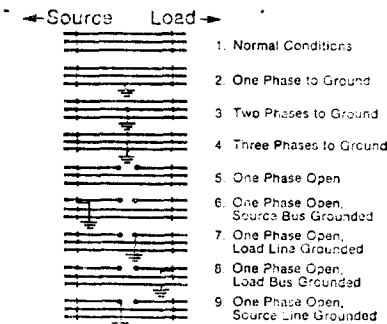
그림 14. 零相 및 逆相過電流繼電方式

이상 6가지의 繼電方式에 대해 運轉經驗이나 實驗特

表 1 故障型態과 各保護繼電方式의 故障檢出 百分率

Device	Fault Type								
	2	3	4	5	6	7	8	9	3
Phase Overcurrent Relay	100	100	100	0	100	0	0	100	
Circuit Breakers	100	100	100	0	100	0	0	100	
Ground Overcurrent Relay	100	100	0	35	100	47	47	100	
Negative Sequence Overcurrent Relay	100	100	0	54	84	74	74	100	
Zero Sequence Overcurrent Relay	100	100	0	51	98	61	61	100	
Negative Sequence Overvoltage Relay	100	100	0	98	100	100	100	99	
Zero Sequence Overvoltage Relay	100	100	0	98	98	100	100	93	
Undervoltage Relay	100	100	100	84	77	100	100	65	
Ratio Ground Relay	100	96	54	90	92	94	93	100	

Where Fault Types are Classified as Below



性을 고려하여 各 繼電器를 整定하고 表 1에 나타난 8 가지 故障을 여러 위치에서 발생 시켰을때 電壓과 電流의 흐름을 電算프로그램으로 計算하여 계전기의 동작상태를 判別 하였다.

1,000여가지 사고경우를 적용 검토한 결과는 表 1과 같다.

새로운 6가지 繼電方式 모두가 配電系統의 高임피던스 故障保護에는 중래계전방식보다 다소 向上되긴 하였으나 信賴할 만한 保護方式이라 할수 없을 정도다.

故障型態 5, 7, 8은 중래의 繼電方式으로는 전혀 보호될수 없는 반면에 低電壓 繼電方式이나 逆相 혹은 零相 過電壓 繼電方式의 檢出率은 높다.

그러나 電壓에 의한 檢出方式은 다음과 같은 결점이 있다.

가. 配電線路의 各回線마다 여러개소에 繼電器를 설치하여야 主線路나 分岐線路를 보호 할 수 있다.

나. 各種 事故에 대한 信賴度는 낮다.

다. 各 斷電器 設置개소마다 通信설비를 시설하여 保護裝置間에 送·受信되도록 해야한다.

라. 線路의 변경, 新·增設에 따라 수시로 재조정해야 한다.

이러한 결점 때문에 많은 투자를 요하는 非經濟的方式이나 配電系統이 自動화(Automatic Distribution Systems)되면 그 通信設備을 이용할 수 있게되어 필신 經濟的으로 적용할 수 있는 효율적인 방식으로 등장할지도 모른다.

7) Subharmonic Current Generator (SCG)¹³⁾

이 裝置는 그림 15와 같이 每相別로 콘덴서를 통하여 연결되어 있으며 SCR에 의하여 Key되므로서 미리 定해진 Sub-60Hz電流波를 발생시키는 繼電方式이다.

電流波 발생기를 每分岐 線路 末端에 受信裝置와 같이 취부하고 變電所에서 受信되어온 出力波를 檢出하도록한 원리로서 電線이 斷線되면 電流波를 受信할 수 없게 되므로 斷線事故임을 判斷한다.

그림 16은 線路 中間에 電流波 發生裝置와 受信裝置를 설치하여 보호구간을 새로운 保護協調관계를 나타내고 있다.

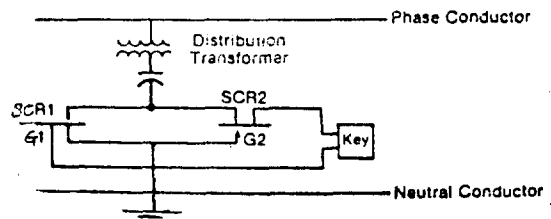


그림 15. Subharmonic Current Generator 繼電方式

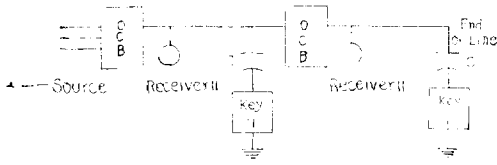


그림 16. SCG繼電方式에 의한 保護協調 關係

이 繼電方式은 아직 理論的인 研究단계를 벗어나지 못하고 있으며 斷線事故 檢出率은 완전한 100%가 보장된다.

8) 高周波 임피던스 監視法에 의한 繼電方式¹⁵⁾

配電線에 高周波 電源을 印加하였을때 나타나는 임피던스는 常用 周波數 60HZ인 경우와 다른 特性으로 나타난다. 高周波 電流를 三相四線式 配電系統에 注入한 狀態에서 電線의 斷線이나 樹木등의 접촉과 같은 高 임피던스 故障로 인하여 高周波分 電壓(線路의 高周波 임피던스에 比例)의 變化를 감지 하므로써 故障狀態를 檢出할 수 있다.

事故로 인하여 線路側으로본 高周波 임피던스는 變化되나 負荷變動에 의해서는 變化되지 않는다. 이는 配電用 變壓器의 누설 리액턴스에 의하여 高周波電流가 2차측 回路로 통과하지 못하기 때문에 2차回路가 1차측으로부터 분리된 것과 같은 현상이 된다.

즉 低周波대역에서는 負荷變化가 線路側 임피던스變化를 가져오게 되나 50K~100KHz 高周波 대역에서는 配電用 變壓器가 容量性으로 나타나게 되어 콘덴서를 통하여 短絡된 것과 같은 特性이 되므로 1차 配電線路의 事故만을 檢出할 수 있으며 2차측 事故에는 動作하지 않게 된다.

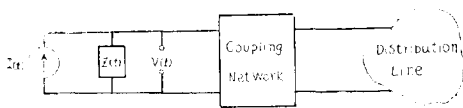


그림 17. 高周波 임피던스 監視法에 의한 繼電方式

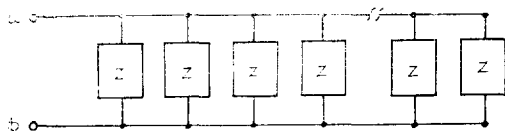


그림 18. 斷線事故로 인한 임피던스 變化

그림 17은 高周波 임피던스 監視法의 原理를 나타낸 것으로 配電線路에 結合回路를 통하여 高周波분의 一定크기 電流를 注入시킨다. 電流의 크기는 一定하므로 電壓의 크기는 線路側 高周波 임피던스에 比例하여 나타난다. 이러한 高周波 임피던스는 여러종류의 事故에 따라 變化된다.

그림 18은 一相이 斷線되어 地絡되지 않은 경우 電源側 端子에 나타나는 임피던스의 變化를 나타낸 것이다. 여기서 "Z"는 柱上變壓器나 線路의 임피던스를 나타낸다.

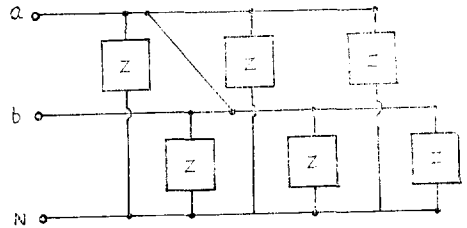


그림 19. 二線 短絡事故로 인한 임피던스 變化

또한 그림 19와 같이 2相短絡事故가 發生하면 各 相別로 電源側에서본 임피던스의 變化가 나타나게 되어 事故檢出이 가능하다.

配電線路나 配電用 變壓器의 周波數-임피던스 特性을 조사해 보면 線路의 構成形態에 따라 線路定數가 定해지나 變壓器는 높은 周波數에서 捲線間의 靜電容量과 케이스간의 靜電容量의 影響을 많이 받게 된다.

變壓器의 2차측 負荷變化 影響을 고려하여 2차를 開放한 狀態(無負荷)와 短絡한 狀態(重負荷)로 나누어서 周波數와 임피던스 크기 및 位相變化를 測定한 結果는 그림 20, 21와 같다.

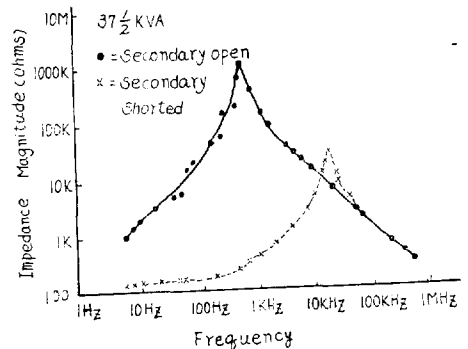


그림 20. 變壓器의 周波數-임피던스 크기 特性

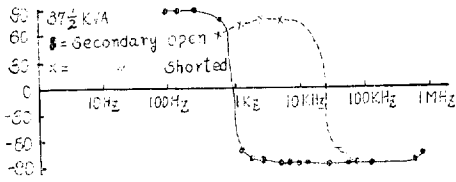


그림 21. 變壓器의 周波數-임피던스 位相 特性

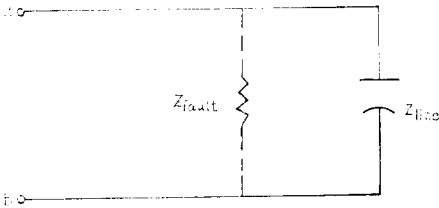


그림 22. 容量性 임피던스와 高임피던스 故障

이 특성 곡선에 나타난 바와 같이 周波數 50~100 KHz 대역에서는 2차측이 短絡된 경우도 開放된 狀態와 같이 임피던스의 크기가 거의 같은 크기로 나타났으며 位相은 容量性 성분으로 되어 2차측 負荷變化에 無關係를 보여주고 있다.

線路和 變壓器를 포함한 高周波 임피던스는 容量性으로 나타나며 高임피던스 Z_{fault} 事故 發生時 그림 22와 같이 나타낼 수 있다. a, b 양단자에서 본 임피던스의 크기 변화는 적으나 位相 변화가 크게 나타난다. 故로 임피던스의 크기와 位相變化 監視를 병행하면 더욱 效率적인 保護繼電方式으로 발전 될 것이다.

이 保護裝置에 필요한 부속장치들로서 간단한 직렬 공진 회로제작으로 配電線路和 結合시킬 수 있으며, 高壓需用家の 開閉狀態의 影響을 배제하기 위하여 Wave Trap을 設置할 필요가 있다.

本 繼電方式에 대한 實驗을 研究所 實驗用 線路和 實配電線路(停電된 狀態에서 結合回路를 通하지 않고 직접 연결함)를 대상으로 실시 하였다¹⁵⁾.

一定한 高周波 電流를 注入시키고 線路側 高周波 임피던스에 비례하여 나타나는 電壓의 크기만 比較하기 위하여 Analog-to-Digital(A/D) 變換器를 通하여 電算機에 入力시키고 正規狀態의 電壓크기를 기억시켜서 事故發生으로 變化되는 電壓의 크기를 比較하여 事故를 檢出한 結果 表 2와 같이 나타났다.

이 實驗結果에서는 高周波 임피던스 監視法으로 故障 임피던스가 5~20KΩ인 경우에도 檢出 가능한 것으로 나타났으며 斷線事故는 임피던스의 變化가 심하게 나타나므로 확실하게 檢出할 수 있다.

表 2 實驗用 線路和 實配電線路의 實驗結果

	Lab. Test	Field Test
Tested Line	0.75mile communication cable terminated in rectifier transformer	0.3kilo distribution line with two 25 KVA and two 37.5KVA transformers
Impedance Measuring Frequency	100KHz	100KHz
Coupling	Series resonant filter	Direct
Maximum Detectable Fault	5KΩ resistor	20KΩ resistor

5.2 非接地 配電系統

非接地 配電系統은 地絡故障 電流가 적은 配電方式이며 事故時 通信機器등의 誘導障害를 저감시키는 主目的에서 發展되어 왔다.

우리 配電系統은 아직 22.9KV 多重接地 配電方式으로 昇壓되지 않은 6.6KV 혹은 3.3KV급 線路가 남아 있다.

非接地系統에서 一線地絡 事故가 그림 23과 같이 A點에서 發生한 경우 地絡電流 I_g 와 零相電流 I_0 는

$$I_0 = \frac{I_g}{3} = \frac{1}{3} \times \frac{E}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{R_g + \left(\frac{1}{r}\right) + j2\pi f C} \quad [A] \quad (2)$$

로 된다.

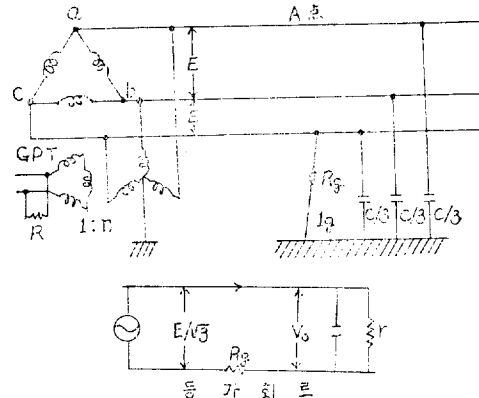


그림 23. 一線地絡 事故

여기서 E ; 事故前 線間電壓

R_g ; 事故點 地絡抵抗

r ; GPT 2차측 電流制限 抵抗 ($r=n^2R$)

C ; 3線-一括 大地 靜電容量

f ; 常用 周波數

式(2)에서 알 수 있듯이 地絡임피던스 R_g 가 크면 零相電流가 적어져서 繼電器에 의한 地絡事故 檢出이 어렵게 된다. 따라서 絕緣電線을 사용한 경우 地絡抵抗 R_g 가 대단히 큰값으로 되거나 전혀 地絡되지 않은상태 ($R_g=\infty$)로 유지될 수 있어서 중래의 繼電器로는 保護될 수 없다.

非接地 配電系統으로 構成되있는 日本에서는 絕緣電線의 斷線事故는 주로 雷害로 인하여 발생되며 各種實驗結果로 絕緣電線의 溶斷特性和 電氣的인 現象을 淸明하여 이에 대응한 繼電器를 開發하였다.

즉 絕緣電線의 溶斷에 관한 實驗結果는,

가. 1線 아-크 地絡時 地絡電流(약 7~15A)가 적어서 溶斷되지 않는다.

나. 直擊雷와 같이 衝擊大電流($10 \times 20\mu s$ 150KA)를 印加하여 아-크 地絡시켜도 溶斷되지 않는다.

다. 襲雷時 架空 絕緣電線을 상호 接觸시켜도 短絡事故로 진전되지 않는다. 그러나 雷저기 침입시 2선 혹은 3선이 완금간에 絕緣破壞가 생겼을때 그림 24와 같이 短絡回路를 형성하게 되어 變電所에서 供給되는 短絡電流에 의하여 溶斷된다.

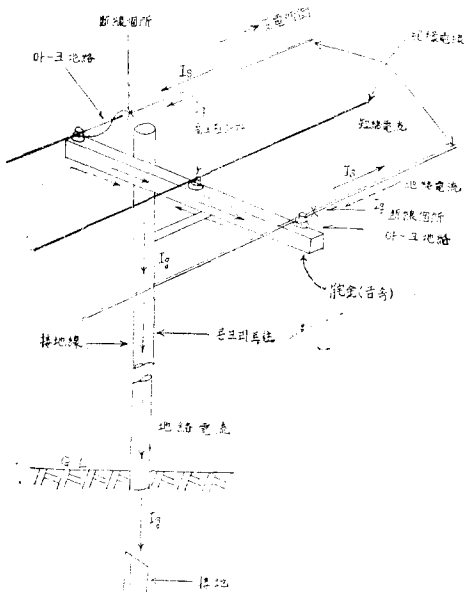


그림 24. 絕緣電線 溶斷發生時的 概念圖

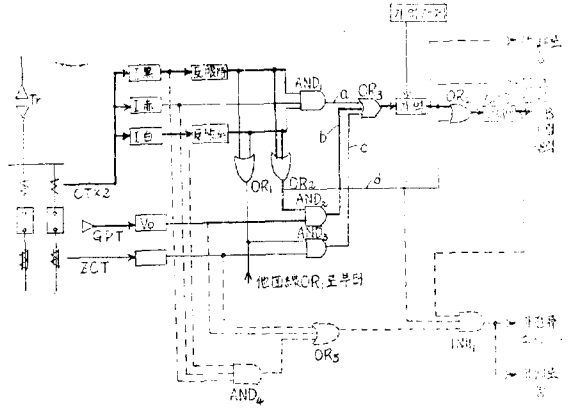


그림 25. GSR의 基本論理 構成圖

絕緣電線의 溶斷特성은 電線의 材質과 두께에 의한 變化는 거의 없고 短絡아-크가 發生되었을때 에너지 영향에 의하여 결정된다.

1) 東京 電力

雷害로 인한 絕緣電線의 斷線 事故時 變電所에서 電氣的인 短絡現象을 檢出하여 電線의 溶斷特성에 적합한 動作特성을 갖는 GSR(Grounding Short Circuit Relay)을 開發 하였다.

이 GSR의 原理는 各回線에 설치되어 있는 CT를 통하여 斷線特性和 比較한 短絡電流 現象을 檢出하고 變電所 母線에 設置되어 있는 GPT를 통하여 地絡電壓(V_0)를 檢出하여 이 兩要素 條件의 組合으로 電線의 斷線 事故를 判斷하고 遮斷器를 動作시킨다.

그림 25에서 알 수 있듯이 三相短絡事故, 地絡-短絡事故 혹은 他回線間的 地絡-短絡事故도 檢出되도록 構成되었으며 타임머에 의해 0.1초 遲延시켜 遮斷指令을 내도록 되어 있어서 電線이 完全히 溶斷된 후 遮斷하게 된다.

東京電力은 1978年 秋季부터 GSR을 付設 하기시작하여 1980年 말경 全線에 취부한 계획으로 있으며, 1979년도 夏季 雷害事故 425回線중 97%를 GSR에 의하여 檢出した 實績을 나타내고 있어서 信賴度가 높은 것으로 評價되고 있다.

2) 九州電力

아직 開發研究중에 있는 그림 26의 繼電方式은 既存 再閉路 繼電器와 故障區間 檢出裝置를 활용하여 斷線 事故 檢出은 물론 斷線區間도 檢出分離하는 方式이다.

絕緣電線의 溶斷時에 흐르는 短絡電流를 變電所側에서 各回線의 CT를 통하여 檢出하고 入力 level과 持續時間을 計測한다. 이 計測値와 設定値를 比較하므로

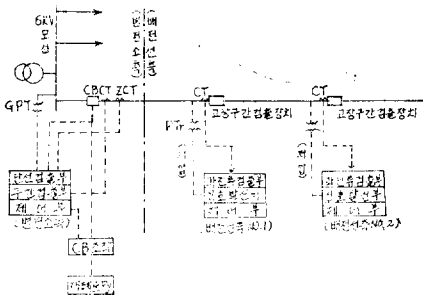


그림 26. 斷線檢出 System의 構成圖

서 溶斷 可能性을 判斷한다.

한편 서-지의 有·無와 그의 크기 및 地絡事故에 관련된 零相電壓을 母線 GPT를 통하여 檢出하여 零相電壓 level과 이미 判斷된 溶斷可能性의 有·無로부터 斷線을 判定한다.

斷線區間 檢出은 變電所側과 配電線側의 故障區間 檢出 機能을 갖는 斷線檢出 裝置에 의해 시행한다.

配電線側에서도 高壓線에 취부된 CT로부터 過電流를 檢出하고 이 檢出信號를 高壓線과 變電所 CT를 통하여 變電所側에 送信하도록 되어 있어서 故障區間을 檢出 遮斷할 수 있다.

6. 檢 討

1) 絶緣電線은 雷害로 인하여 裸電線보다 斷線率이 높다. 이는 아-크 집중으로 短時間內에 溶斷되기 때문이며 대부분 지저에자 부근에서 斷線되므로 "라인스 웨치취부"나 "補強 絶緣바인드"법으로 地絡 위험을 방지할 수 있다.

2) 絶緣電線路의 事故는 종래의 繼電器로는 保護될 수 없다. 多重接地 配電用 繼電器로 아직 實用되고 있는 繼電方式이 開發되지 않았으며 非接地 系統用은 日本 東京電力의 GSR이 實用되고 있으나 이는 雷害事故 保護用이므로 雷害事故가 월등히 적은 우리 경우와는 차이점이 많다.

3) 多重接地 系統保護用 "Subharmonic Current Generator"方式은 斷線事故 檢出이 확실하여 信賴度가 높게 評價되나 電流通信의 信賴性이 문제시 된다. 아직 理論的 研究狀態를 벗어나지 못하고 있으나 기대되는 방식이다.

4) 高임피던스 監視法에 의한 繼電方式은 經濟性이 높고 信賴度가 높아서 기대되는 繼電方式중의 하나이

나 系統에서 발생되는 서-지등으로 高周波分을 포함한 異常電壓의 영향, 作業등으로 일부 線路를 開閉했을때의 對策 및 保護協調등이 改善되어야할 문제점으로 서각되며 임피던스의 크기와 位相變化를 같이 監視하여 事故를 檢出할수 있는 繼電器로 開發됨이 바람직 하겠다.

× × × ×

配電線路 保護의 現狀과 絶緣電線 사용에 따른 金후의 課題에 대하여 소개 하였다. 가장 安全하고 停電이 없는 配電設備의 建設, 管理을 위하여 계속 研究 勞力 할 여지가 많다고 본다.

參 考 文 獻

1. "配電用 絶緣電線의 아크溶斷特性と溶斷機構について, 電力中央研究所, 昭和 51年 6月
2. "配電用絶緣電線의 아크溶斷特性と溶斷機構について(その), 電力中央研究所, 昭和 51年 11月.
3. "22~33KV 配電線における直撃雷および誘導雷サージ의 基本的檢討", 電力中央研究所, 1968年 8月.
4. "配電用 絶緣電線의 雷인パルス絶緣特性(その), 電力中央研究所, 昭和 47年 10月.
5. "33kV架空配電用架橋ポリエチレン被覆電線의 아크溶斷特性について", 電力中央研究所, 昭和 45年 7月 16日.
6. "配電線雷斷線檢出裝置의 開發", 東京電力株式會社, 昭和 53年 3月.
7. "GSRを理解するために", 東京電力株式會社, 昭和 53年 8月.
8. 九州電力 森迫 勝彦, "配電線의 絶緣化と新しい保護繼電技術", 電氣計算, pp. 176~187, 79年 6月.
9. "Report of Distribution Conductor Stage Fault Tests Held on October 3~4," 1973. PP&L Internal report.
10. Distribution Fault Interruption Open Conductor Tests, October 20, 1975 PP&L Internal Report.
11. J. Carr, Kitchener, Ontario; "High Impedance and Broken Conductor Fault Detection on Primary Distribution Systems", Canadian Electrical Association 1979 Spring Meeting, March 26~28, 1979.
12. L.A. Kilar and R.E. Lee; "Improved Relay Schemes for the Detection of Fallen Conductors on Three-Phase, Four-Wire, Distribution

- Circuits" to be presented at the IEEE/PES 1979 Conference & Exposition on Transmission & Distribution.
13. L.A. Kilar; "High-Impedance Fault Decton", 1979 Electric Utility Engineering Conference.
 14. R.E. Lee & L.A. Kilar; "Summary and Status Report on Research to Detect and De-energize High Impedance Faults on Three-Phase, Four-Wire Distribution Circuits", PP&L, Westing house.
 15. H.L. Graham, A.J. Carlson and T.A. Granberg; "Broken-Conductor and High-Impedance Fault Detection by High Frequency Impedance Monitoring", IEEE PES Winter Meeting, Feb. 3~8, 1980.

전기자재, 기계부품, 중장비부품, 붓싱, 비철금속 주물일체

燐青銅 · 青銅 · 黃銅洋銀 · 鉛青銅 · 高力黃銅 · Al青銅

 **新 昌 金 屬**

공 장 : 서울특별시 영등포구 당산동 3가 555

전화 (633) 8153

사무실 : 서울특별시 중구 을지로 3가 334-3

삼진빌딩 301호

전화 (267) 8317