

“三相四線式配電方式”

南鮮電氣株式會社 工務部長 申 芝 秀

一. 緒 言

日益增加하는 需要膨脹과 供給區域 擴大로 인한 配電線路의 互長 增大가 不可避한 現配電 施設 實態에 비추어 現在 우리나라 標準 高壓配電方式인 3相3線式 3,300 V System 으로서는 電壓降下 電力損失의 過多 配電容量의 制限을 招來하여 將來對策 뿐만 아니라 局部的으로는 現在 需要 對應도 至難하게 되어 어느 方式으로든 系統電壓上昇策이 時急히 要求되고 있다.

그 方式으로서 우리 System 을 基準으로 考慮되는 것은 3,300V를 6,600V(△)로 倍昇壓하는 것과 5,700V 3相 4線式 配電 등이 있을 것인 바 資材資金의 貧弱한 우리의 現實은 保守 等 技術的인 問題檢討와 最少限度의 僅少한 構造 變更으로 配電能力을 飛躍적으로 增強하고 電壓降下 電力損失을 輕減하는 方式採用이 先行條件이라 하겠다.

配電線路의 6,000V化 또는 5,700V化의 從來의 3,300V方式에 對比한 利點을 略述하여 보면

1. 同一電線으로 配電損失率을 同一히 하면 輸送電力을 各各 4倍 또는 3倍로 增加한다.
2. 輸送電力을 同一히 잡으면 電力損失 및 電壓降下를 各各 $\frac{1}{4}$ 및 $\frac{1}{3}$ 로 減少한다.
3. 輸送電力과 電力損失 및 電線總重量을 同一히 잡으면 配電線路의 互長도 電壓上昇率에 거의 比例하여 增大할 수 있다.

여기서 6,600V 配電化는 變電所 및 配電路線의 變壓器 開閉器 其他 大部分의 機器 材料를 6,600 V 用으로 替換하여야 하므로 急速히 既設 系統을 變更하기는 極히 至難하다. 따라서 當面 對策으로서 現存 機器 材料를 大部分 그대로 利用하여 變壓器의 結線만 Y로 結線變更 함으로서 되는 5700V 3相4線式 方式이 가장 經濟的인 對策이라 하겠다.

그러나 系統安定度나 保守上 見地에서 가장 安全한 方式은 3相3線式 △ 方式이고 3相4線式 方

式에도 大地利用式 變電所 一點直接接地式 抵抗接地式과 美國에서 普及通用되는 共通中性線 多重接地方式 등이 있어 各其 長短이 있어 가장 우리 實情에 適切한 方式을 採用하여야 되겠다

現在 美國에서도 Detroit Edison Co. 등이 固守하는 △ 方式(2400, 4800, 7200, 12000, 13000, 14400V 等)會社와 Y方式(2400/4160, 4800/8320, 7200/12470, 7620/13200, 等) 會社와 두 가지 “그를”이 있고 日本에서도 近來 昇壓이 論議推進되어 兩方式이 共히 試驗되고 있으나 아직 是非研究 途上인 듯 하고 東京電力會社의 例를 들으면 高壓一點接地 低壓多重接地 方式을 試用하였으나 負荷의 平衡 保持難 保守上 難點 等 欠點이 많다하여 6600V △ 方式으로 專向한다고 들었다.

그러나 우리 特히 南電으로서 는 앞으로 可能한 限 新規로 建設 되는 地區는 6,600V △ 方式으로 既設 系統에는 5,700V Y方式으로 漸向하되 3相4線式 方式으로서는 美國서 使用되고 있는 共同中性線 多重接地方式과 이의 欠點인 高抵抗接地事故 檢出難을 止揚코자 高壓一點接地 低壓多重接地方式의 二介方式을 各各 試驗하여 方式을 決定 키로 하고 于先 前方式을 錦山邑에 이미 施工하였고 釜山市內 一部에 後者方式을 試用計劃 進行中에 있다.

以下 各種 昇壓方式 (主로 3相4線式을 中心으로)과 이에 따르는 諸 問題를 檢討하고 錦山邑에 實施한 3相4線式의 實質과 이에 副次的으로 惹起된 通信線誘導障害問題 等에 對하여 略述코자 한다.

二. 各種 昇壓方式

1. 大地利用方式

이 方式은 Fig.1 과 같이 變壓器中性點 및 柱上變壓器를 接地하고 中性線代身 大地를 利用하는 것으로서 中性線省略의 經濟的 利點은 있으나 一面 第3高調波 및 不平衡電流가 大地로 흐

르기 때문에 常時 通信線에 誘導을 끼치고, 接地事故 檢出이 困難하고, 柱上變壓器 接地抵抗이 높으면 高壓混低觸時에 低壓側의 對地電位가 上昇하는 等의 欠點이 있다.

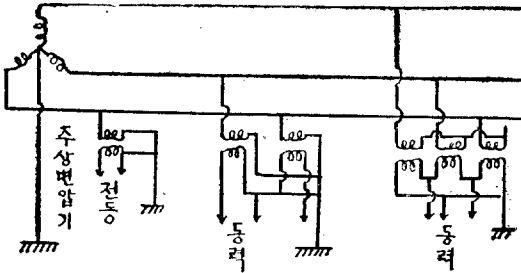


Fig 1

2. 單一直接接地方式

이 방식은 Fig.2 와 같이 中性線은 變電所에서 1介所 直接接地 함과 同時에 大地利用方式의 欠點을 除去하기 爲하여 中性線을 一線架線하는 方式이며 接地故障時 健全相의 電位上昇이 적기 때문에 油入開閉器를 除外한 大部分의 機器가

시키는 方法이 使用된다.

이 경우에 選擇接地繼電器의 電壓線輪에 適當한 電壓과 位相을 供與하기 爲하여 變流器 二次側에는 適當容量의 「콘덴서」를 接續할 必要가 있다.

3. 單一抵抗接地方式

이 방식은 中性線을 數百 그 以下の 抵抗을 通하여 變電所에서만 接地하는 方式이며 柱上變壓器의 接續 接地繼電方式은 單一直接接地繼電方式과 同一 하다.

이 방식은 中性點抵抗值을 適當히 嚮定하면 高低壓混觸時의 低壓線電位上昇을 危險없을 程度로 抑制할 수 있으나 한편 他全相에 電位가 上昇하여 機器의 絶緣을 威脅한다.

前述한 抵抗接地 또는 直接接地方式은 모다 中性線을 架線하는 方式 이지만, 이 外에 無負荷部分의 中性線을 省略하고 Balancer를 使用하는 方法이 있다 여기서 말하는 Balancer는 零相

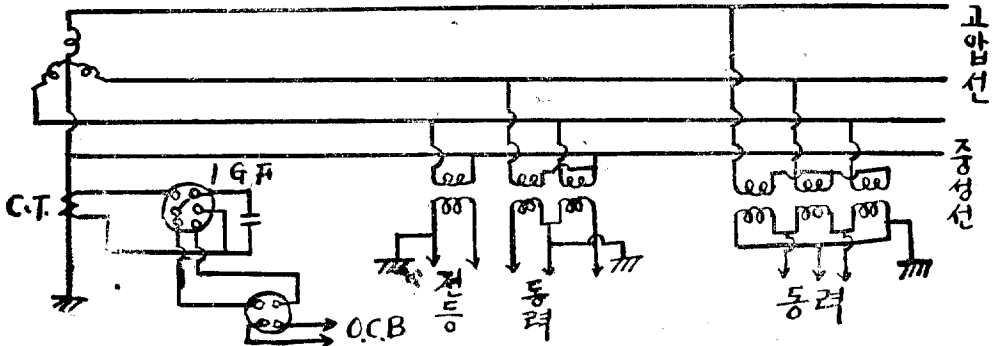


Fig 2

利用되고 通信線誘導은 故障時에도 殆無한 等의 利點이 있으나 中性線을 架線하는 不經濟와 高低壓混觸時에 低壓側對地電位가 上昇하는 等 欠點이 있다

配電線이 1回線인 時의 接地繼電方式은 Fig.2와 같이 變電所中性點接地線에 小勢力過電流繼電器를 設置하든가 既設 選擇接地繼電器를 流用 結線하여 使用할 수 있으나 配電線이 2回線 以上으로 選擇遮斷이 必要한 경우에는 Fig. 3 과 같이 各配電線의 零相變流器에서 얻는 零相電流과 中性點接地線의 變流器에서 얻는 零相電流로 選擇接地繼電器를 動作

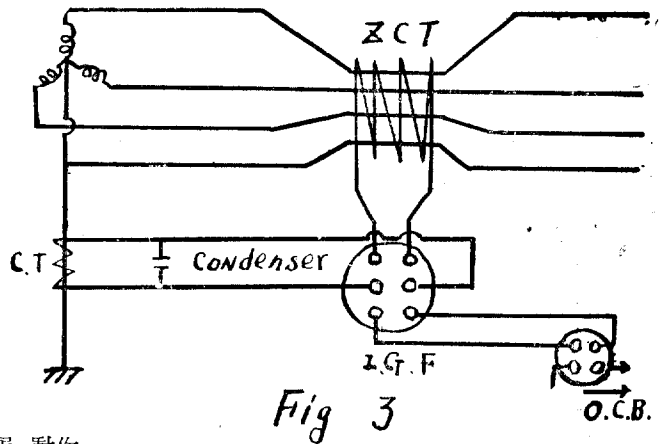
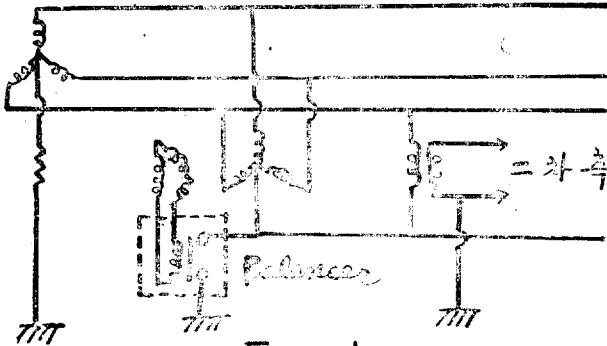


Fig 3

分에만 作用하고 逆相分에는 效果가 없다.

그 方法은 Fig.4 圖示와 같이 配電線의 無負荷部分의 中性線을 省略하고 負荷點에 一次 Y 二次 Δ 로 結線한 Balancer 를 使用하여 負荷의 不平衡으로 因한 電壓의 不平衡을 補償하는 것으로서 中性點을 直接地 抵抗接地 이고 方式에 나 適用된다.



4. 共通中性點多重接地方式

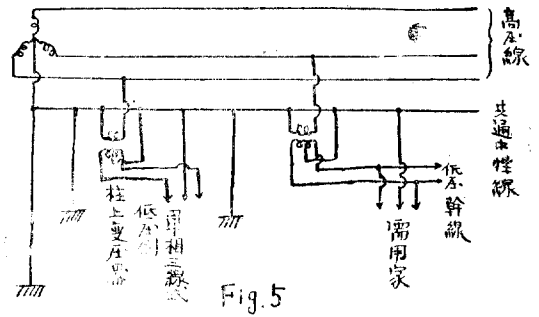
이 方式의 特長은 單一接地의 欠點인 高低壓 混觸時의 他全相과 低壓線의 電位上昇을 抑制하는 點에 있으므로 中性線과 低壓線의 接地側과를 共通으로 하여야 한다.

即 Fig. 5 에 圖示하듯이 高壓中性線과 低壓線 接地側과를 共通으로 接續하고 中性線을 各所에서 接地하는 方式으로써 美國에서 널리 實施 되어 好成果를 올리고 있다.

이 方式은 高低壓混觸時에 低壓線 또는 健全相의 電位가 上昇하는 欠點이 除去되고 變壓器의 事故도 一次側 Fuse가 遮斷되므로 事故가 配電線에 波及되는 일이 적은 利點이 있으나 한편 大地利用方法과 같이 高感度의 接地繼電方式을

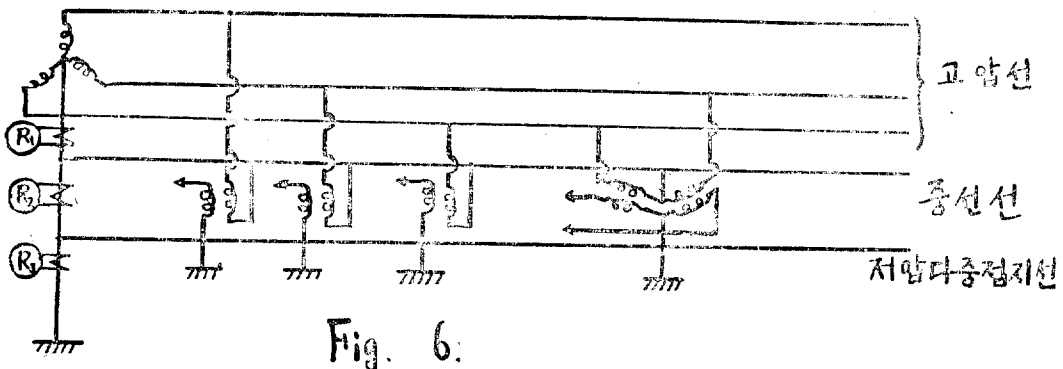
適用할 수 없으므로, 高低抗接地事故時에는 保安上의 問題가 있다.

美國에서는 變電所의 保護繼電器는 過電流繼電器 또는 Automatic Recloser 만을 使用하고 故障時에는 可及的 完全地氣가 되도록 棧柱도 低壓線을 腕木없이 縱配線으로 하여 最上部에 裸線의 中性線을 架涉하는 等의 考處를 함과 同時에 線路途中에도 Recloser나 區分 Fuse를 付設하여 變電所의 繼電器와 區分 Fuse 變壓器 一次 Fuse와의 Fuse Coordination 保持에 努力을 傾注하고있다.



5. 低壓側多重接地方式

이 方式은 前記한 바 單一接地方式의 高低壓 混觸時 低壓線 또는 健全相電位上昇等 欠點과 共通中性線外重接地方式의 一線地路故障時의 故障檢出感度 鈍劣等 欠點을 相補하여 Fig. 6 과 같이 低壓側接地線을 連結하여 變電所中性點에 接續하고 R_0 繼電器로 從來와 同一한 接地事故檢出이 可能하고 多重接地方式으로써의 效果도 舉揚코자 하여 日本의 東京電力 等地에서 試圖된 方式이다.



第 一 表

技術的比較事項		中性點 接地方式	中 性 點 非 接 地 式	單一直接接地式	單一低抗接地式	低 壓 側 多重接地方式	中 通 中 性 線 多重接地方式	中 性 線 大 地 利 用 式
定 常 狀 態	中性線電流	第3調波及不平衡電流가호른다	第3調波及不平衡電流가호른다	同 左	同 左	同 左	同左고다지다	
	中性線對地電位	100V를超果한다	100V를超果한때가있다	同 左	同 左	同 左	別로 없다	
	變電所接地點電流	0	0.2A以下	同 左	同 左	2 A	10A以上	第3調波及不平衡電流가호른다
一線地絡時高壓健全相電位		4,200V(1.4E)以上으로上昇	4,200V(1.4E)以上은上昇치않음	4,200V(1.4E)以上으로上昇한다	4,200V(1.4E)以上으로上昇한다	4,200V(1.4E)以上으로上昇치않음	同 左	同 左
高低壓混觸時	高壓健全相電位	4,200v(1.4E)以上으로上昇	4,200V(1.4E)以上은上昇치않음	4,200V(1.4E)以上으로上昇한다	4,200V(1.4E)以上으로上昇한다	4,200V(1.4E)以上으로上昇치않음	同 左	同 左
	低壓線接地側電位	中性線單一低抗接地式보다야르다. 充電電流가境遇相當하로昇한다	危險電壓까지上昇한다(1,500V以上). (但低壓側接地地抵抗75Ω로함)	Rn=270Ω로하면750V以下로抑制할수있다. 但低壓側接地抵抗750Ω로함	多重接地線 3,2m/m로 1Km 이하 10Ω以下接地時 750V 以下로抑制할수있다	多重接地線 5m/m로 1Km當 10Ω以下의接地에 500V 以下로抑制할수있다	危險電壓側까지上昇한다(1,500V以下)(但低壓側接地抵抗75Ω인때)	
過度及共振異常電壓		他方式에 비하여此種異常電壓發生機會가위어 많다	此種 異常電壓에 의한 危險이 적다	Rn가 커지면此種 異常電壓發生의機會가많아진다	此種 異常電壓에 의한 危險은 적다	同 左	同 左	
避雷器와 絕緣協助		3號6號 避雷器(1.4E)로서 絕緣協助는維持못한다	3號 避雷器를使用할수있다	3號6號 避雷器(1.4E)로서 絕緣協助期待難	3號 避雷器를使用할수있다	同 左	同 左	
一線地絡故障保護方式		從來의繼電器로 3,000Ω 程度檢出可能	I.G.F. 繼電器로 3,000Ω以上檢出可能	同 左	同 左	故障檢出感度 50Ω以下	故障檢出感度 50Ω以下但特殊繼電器使用時는 高感度檢出可能	

6. 3相3線式 6.6 KV 方式

이 方式은 從來의 非接地式으로 電壓만을 6,600 V로 昇壓하는 方式으로써 各種機器는 6,600V 級 絕緣의 것으로 替換하여야 한다.

따라서 既設 機器가 3,300V 6,600V 兩用으로 設計된 것이 아니면 困難性이 隨伴되므로 新設 地區에는 試圖함이 賢策인 것이며 南電으로서는 ICA 援助計劃으로 導入策定된 特高變壓器는 二次捲線을 Double Ratio로 設計한 것으로 策定하고 있다.

또한 途中負荷가 없는 野外配電 線路에는 無負荷部分만 6,600V 로 昇壓 하는 所謂 Feeder 型 配電方式도 有效한 方式이며 南電管內에서 數介線路에 適用하고 있는 것은 Auto Transformer를 延邊三角形으로 結線하여 實施中에 있다.

三. 各種3相4線式 比較

3相4線式 5,700V 配電方式 施行에 있어 檢討하여야 할 技術的인 問題로서는.

1. 事故時的 電壓上昇
2. 避雷器와 流用機器와의 絕緣協調
3. 配電線의 保護方式
4. 接地工事
5. 通信線에 對한 誘導障害

等인 마 最近 日本에서 理論과 實測을 兼하여 檢討된 結果를 比較 表示하면 다음 第一表 및 第二表와 같다

이 兩表를 比較에 各各 技術的으로 一長一短이 있어 簡單히 決斷을 내리기는 困難한 問題이지만 現在대로의 非接地나 多重直接接地式이나는 電氣事業經濟實情에 따라 決定될 問題이지만 于先 考려온 것은 亦是 多重直接接地式方式이 高壓配電의 昇壓方式의 最適方式이라 하겠다 여기서 共通中性線多重接地 方式이나 低壓多重接地方式이나의 問題가 提起되는 마 非接地式 Δ 方式에서는 普通 短絡保護에는 OCR 2 介를

第 二 表 各 種 接 地 方 式 的 優 劣

比 較 事 項	接 地 方 式	非接地式	單 一 接 地 式		多 重 接 地 接 地 式
			低 阻 接 地	直 接 接 地	
一 線 地 絡 故 障 時 的	從 全 相 電 位 上 昇	丙	乙	甲	甲
不 完 全 地 絡 時 的	接 地 繼 時 電 器 動 作 難 易	甲	甲	甲	丙
高 低 壓 混 觸 時 的	低 壓 側 電 位 上 昇	甲	乙	丙	甲
中 性 線 斷 線 時 的	電 位 變 位	—	丙	乙	甲

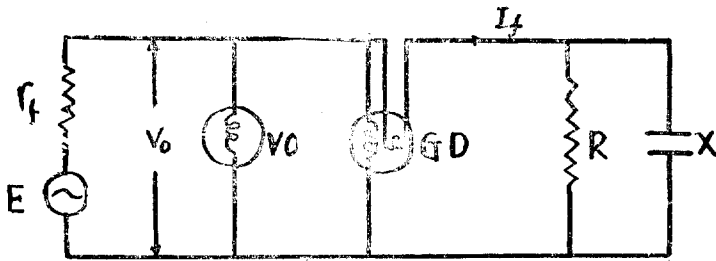


Fig. 7

非接地式接地保護繼電方式的 等價回路

E: 健全狀態의 1線電位

rf: 故障點地氣抵抗

If: 地絡電流

R: 故障點에서 3線—括對地抵抗이며 接地變壓器의 電流制限抵抗에 主로 支配된다

X: 3線—括對地靜電容積에 依한

reactance로 지 線路의 電氣에 反比例

使用하고 接地保護에는 接地變壓器와 零相變流器를 設置하여 小勢力方向接地繼電器 IGF와 過電壓接地繼電器 VO를 使用하며 이 경우의 一次側으로 換算한 等價回路는 Fig. 7 과 같으며 完全地絡 即 $rg=0$ 이면 確實히 故障를 檢出하지만 rg 가 커지면 感度는 低下하여 이 點에서는 動作을 양게 된다 이것은 回路定數 R 및 X 에 左右되며 通常의 回路定數를 選擇하여 接地繼電器의 感度를 計算하면 第三表와 같다 即 너무

第 三 表

線 路 定 數		接 地 繼 電 器 感 度		
R (Ω)	X (Ω)	VO 繼電器 rf (Ω)	GD 繼電器 ri (Ω)	VO와GD 組 合 rt (Ω)
8000	2000	7050	5860	5860
"	1000	1700	4500	3700
"	500	1930	3200	1930
"	250	970	2280	970

長이 긴 않은지 配電線路에서 是 線路의 絕緣이 良好한 경우에 是 比較의 高抵抗의 地氣에 對하도 rg 가 5000Ω 程度 까지면 繼電器는 高感度의 動作을 하게 된다. 다음 多重直接接地方式에서는 短絡保護에 OCR 2 介를 使用하지만 地絡故障는 1相短絡에 不外하므로 rg 가 작으면 OCR로 兼해서

保護된다 따라서 美國에서는 特別히 接地繼電器를 設備치 않는 경우가 많다 零相變流器와 接地過電流繼電器와를 使用하여 接地保護를 할 수도 있으나 三相不平衡電流로 因한 殘留電流와 第三高調波電流가 常流하므로 그로 因한 誤動作을 避할 必要로 rg 가 數百 2Ω 以上의 高感度接地保護繼電方式은 多重直接接地方式에서는 實現困難하여 이것이 共通中性線多重接地方式의 가장 큰 欠點으로써 美國에서도 高周波重疊 또는 直流重疊方式을 試用 한바도 있으나 成功하지 못하고 있는 것으로 이點이 憂慮되기는 하지만 諸般接地事故의 實態를 分析하여 보면 柱上變壓器 燒損으로 因한 接地와 原因不明의 瞬間接地事故가 總接地事故의 6~7割을 占하고 斷線 其他는 3~4割에 不過하므로 너무나 이 欠點을 過大 危險視할 必要가 있느냐 하는 것도 考慮하여 볼 問題이다.

또한 各相에 OCR를 插入하는 外에 2.5~6 A 程度의 OCR를 主變壓器의 中性點과 多重接地式 中性線間에 插入하면 1000Ω 程度의 低感度保護도 可能한듯 하다.

그러나 美國과 우리나라와는 配電의 對象이 되는 地理的 社會的 背景이 判異하여서 美國은 都市에 있어서는 高度로 都市計劃이 發達한 大規模都市이고 農村이나 都市周邊은 大陸의 이어서 配電線路事故가 人畜 家屋에 미치는 危險도가 우

리 보다 훨씬 적고 都市中心街의 步行이 繁華한 곳은 地下「계-물」로 되어 있고 其他 地域은 步行이 거의 없다시피 車로 通行하므로 人畜의 危險성이 稀少할 뿐 아니라 配電線路用機器의 發達이 되어 있는데다가 機動化線路巡視의 完璧保守維持의 徹底等 諸般要件이 具備되어 있기때문에 이 방식의 그만 欠點이 그다지 問題視되지 않는 反面에 事故時間이 길게 끌면 그만큼 危險이 增大 되는 우리나라로서 이것을 度外視할 수 없기도 한 것이다.

低壓多重接地方式은 이러한 上記方式의 欠點을 補正하여 非接地式과 同程度의 接地檢出感度を 얻고 多重接地方式으로써의 効果도 아울러 얻을 수 있는 方式으로써 提案된 것이며 單只不利한 것은 中性線이 1條 加外로 所要되어 經濟的으로 不利 하며 低壓多重接地線 3.2mm로 每 1km 마다 10Ω 以下の 接地를 하여야 高低壓混觸時의 低壓例電位를 750V 以下로 抑制되어 共通中性線多重接地方式보다 若干 不理하다.

그런데 低壓線 對地電位의 許容限度 및 低壓機器의 絶緣耐力이 어떠한을 檢査하여야 하는가 機器 및 回路의 試驗電壓을 보면 JEC, JIS 規格에는 低壓機器의 試驗電壓은 機器의 種類에 따라 1,500V 또는 1,000V 1分間으로 되어 있고 工作物規程에는 500V 10分間으로 되어 있다.

그리고 工作物規程에 柱上變壓器의 低壓側 中性點은 第二種地線工事로 하여 高低壓混觸時의 電壓上昇 150V 以下로 抑制하도록 規定되어 있으나 實地 現在의 3,300V 配電線의 運轉狀態에서도 高低壓混觸時 高壓器 Fuse가 熔斷되거나 高電所에서 Trip되기 까지는 750V 까지의 電壓이 나타나는 事例도 있었을 것이고 Relay가 動作되기까지의 短時間 750V까지의 過電壓은 許容되지 않을가하며 750V 라는 것은 計算上 故障點에 無抵抗으로 假定한 것이고 實際 故障에서는 故障點에 抵抗이 있는 경우가 많으므로 計算上 750V로 하여도 實際로는 그 以下인 것으로 推測된다.

四. 接地와 接地方式

多重接地方式에 緊要한 問題는 될 수 있는 대로 接地抵抗이 적은 直接接地이며 이에 相當한 費用이 消費되는 것으로써 接地方式에 對하여—

考치 않을 수 없다.

1. 接地의 目的意義

接地에는 그 目的으로 보아 다음 세가지의 主要한 機能이 있다

- (1) 人畜의 感電을 防止하는 安全度 增加
- (2) 電氣機器의 絶緣破壞 防止 安全度 增加
- (3) 電氣回路의 運轉條件 改善

(1) 의 경우는 常態에 있어서는 電氣를 通하지 않는 金屬體로써 裸電部分에 近接하여 所在하는 例컨대 變電所鐵板 變壓器外函 高壓線附近의 金屬製煙炭等の 接地이다.

(2) 는 電氣回路에 定常電壓보다 높은 異常電壓이 나타나면 경우 그로 因하여 回路의 絶緣이 破壞되지 않도록 異常電壓을 大地로 放電하여 機器를 保護한 目的의 接地이며 避雷器를 通하여 接地하는것은 그 代表的인 例이다.

(3) 은 電氣回路의 一部分을 恒時 大地에 接續하는 것으로써 大地歸路式 直流電氣鐵道가 最適例이고 交流回路에서는 接地繼電器의 敏速正確한 動作을 期待하여 高壓配電線路의 中性點을 接地하는 例이다.

2. 水道管에의 接地

保安의 見地에서 보면 接地抵抗値는 알을수록 좋다. 그러나 極히 良好한 低抵抗接地에는 工事費가 많이 所要되고 配電線路의 廣範한 地域에는 相當한 經濟的 負擔이 된다.

第三種地線工事 (100Ω以下) 는 保安上見地에서는 滿足치 않지만 經濟的見地에서 如斯 認定한 것으로 思料된다

諸外國에도 電氣保安規程에 接地條項이 있지만 美國, 캐나다, 獨逸, 英國 佛蘭西 등 各國은 모두 水道管을 接地에 利用하도록 定하여져있다 特히 美國은 가장 徹底하게 附近에 水道管이 無어 不得已한 경우를 除外하고는 變壓器二次接地 引入線 電動機鐵臺 金屬製電線管 避雷器接地 등은 모두 水道管에 接地하여야 한다고 規定되어 있다.

都市의 上水道管은 廣範圍하게 地中에 網狀으로 埋設되어 있고 大地와의 接觸面이 크며 水道管自體의 抵抗도 적으므로 이것을 接地工事에 利用한다면 가장 經濟的으로 低接地抵抗値를 얻을 수 있는 것이다.

勿論 日本人들이 이 水道管接地를 躊躇한 것

은 水道管의 電蝕問題와 衝擊雷電壓으로 因한 保安問題를 憂慮한 것이 겠지만, 이는 杞憂에 不
過하다고 보며 앞으로 서울 釜山을 除外하고 이
는 採擇하여도 좋은 問題라고 思料된다.

서울 釜山 市內는 大地歸路式 電車が 있기 때
문에 그 歸線電流의 一部가 接地相互間에 循環
하는 電流에 重疊되어 電蝕障害을 일으킬 念慮
가 있기 때문이며 交流의 경우에는 水道管 大地
間에 電流가 흘러도 電蝕念慮는 殆無하다.

五. 通信線에 對한 誘導障害

一般的으로 電力線으로 因한 通信線에 對한 障
害는 通信機器其他 通信從事者에 損傷 또는 危
害를 주는 高電壓誘導와 通信自體에 對한 誘導
雜音妨害의 二種類로 大別할 수 있는가 이 障害
의 原因으로서는

- (1) 電力線의 電壓에 比例하는 靜電誘導
- (2) 電力線의 電流에 比例하는 電磁誘導

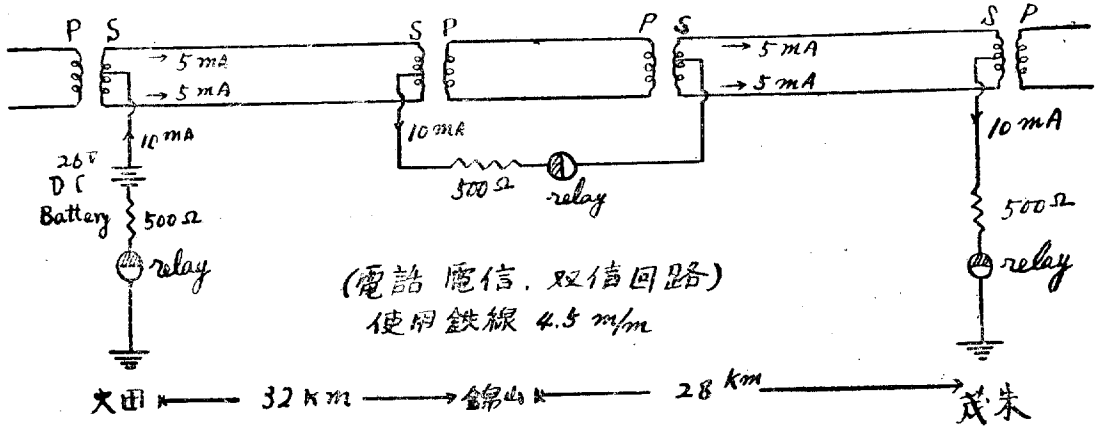


Fig. 8

로 區分되나 兩障害는 同時に 作用하여 嚴密히
區分함은 困難하다. 靜電誘導는 線路電壓에 比
例하는 마 接地式 線路에 있어서의 故障點 電位
上昇은 적으므로 平常時나 故障時에나 이로 因
한 障害는 無視하여도 좋은 程度이다.

다음 電磁誘導인 마 特別히 多重接地方式에서는
故障電流가 커지므로 誘導電壓이 非接地式보다
커진다.

誘導電壓은 計算 및 實測으로 算出할 수 있으
나 여기서는 計算方式에 對한 說明은 略한다.

大略 許容誘導電壓의 限度로서

- (1) 電信線에 있어서의 通信電流의 5% 以

下的 誘導電流

- (2) 電話線에는 電話機에 加하는 誘導電壓
5mV 以下
- (3) 雜高電壓 2.5mV 以下
- (4) 人體에 危險電壓 150V 以下
- (5) 通信機器 破壞電壓 300V 以下
- (6) 受話器의 衝擊音에 依한 鼓膜損傷端子
電壓 11~15V

等으로 抑制되어야 하며 特別히 우리나라에서는
對 通信線 誘導障害를 全的으로 電力系統에서
調節施策하여야 하는 制約 때문에 앞으로 3相4線
式 接地方式 實施에 不尠한 困難性이 介在될 것
으로 보이며 이는 國家大計를 爲하여 電力 電信
雙方에서 雙務的으로 自律對策하는 方向으로 나
가도록 되어야 할 것이다.

特別히 通信線이 Open Circuit로 될것에는 去番
實施한 錦山配電線路에서 보아도 配電線路添架
電話線 警備電話 郵遞局電話線에 모두 別 困難

은 無었으나 大地歸線式 電信線이나 電話線에는
困難한 點이 있다.

特別히 錦山配電線路에서도 그랬지만 韓國의 電
信回路는 舉皆一線大地歸路式의 電信電話雙信方
式이어서 이에 對한 對備策研究가 先決問題이다.

또한 美國에서는 配電線 通信線 等이 同一支
持物에 架設되어 (Joint Use) 經濟的인 資材 勞力
節約, 都市의 美觀 交通上 安全 等 好成果를 舉
揚하고 있음에 反하여 狹少한 國土와 窮乏한 經
濟立地에 意한 우리가 아직 이러한 制約에 놓이
고 있음은 奇異한 現象이다.

다음에 錦山配電線路 配電方式 變更에 따른大

地歸線式 電信線 誘導障害과 그 對策 經過를紹介하기로 한다.

1. 通信線 概略

Fig. 8 은 大田—錦山—茂朱 間的 郵遞局 電信 電話 回路 略圖이며 錦山配電線路는 馬田變電所(大田에서 22Km)를 起點으로 10Km 距離의 錦山邑 까지 經過되고 있으며 이 10Km 線路와 郵遞局線路는 途中 約 5Km 間 近接 並行 乃至 交叉되고 있다.

圖示와 같이 電話는 4.5 mm 鐵線二條로 하고 中繼線輸의 中性點을 送受信端에서 各各 接地하고 大地 歸路로 하여 大田側에 設置한 Battery 26V 電源으로 하여 10mA의 電流로 500Ω의 抵抗을 가진 送受信繼電器를 通하여 “모—두스”符號電報를 送受信하고 있다.

2. 誘導障害

이 電信回路에 電力線의 中性線 電流로 因한 誘導電壓이 發生하여 從來 1分間에 120-字 程度 打字하던 것이 1分間에 60~70字 程度 打字 하게 못하게 되었고 大田—茂朱는 그도 안되어 錦山에서 中繼하여야 할 形便이었다

이것을 打開코자 遞信部 裡里電信電話設局 擔當技術者와 數次에 互한 綿密한 測定 調査가 施行되었다 誘導電壓測定值 大田에서 晝間 8.5V 夜間 10V 錦山에서 晝間 12V 夜間 19V

結局 誘導電壓, 8.5V 乃至 20V
따라서 誘導電流 1.4mA // 3.2mA

3. 誘導除去

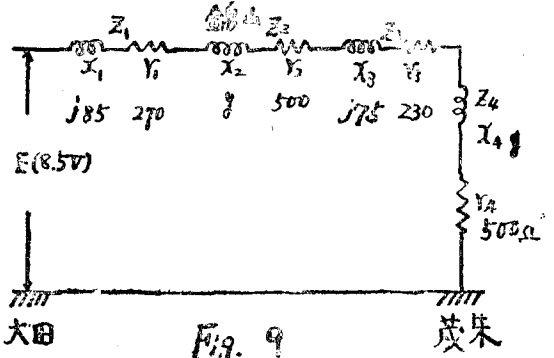
前記 誘導電壓의 除去策으로 電力線 電信線間에 遮蔽線을 企圖하였으나 別無效果였으므로 直流回路에 誘導重疊된 交流分 誘導電流를 電信用繼電器에 流入시키지 않고 大地로 排流시키면 繼電器動作은 正常化할 것으로 生覺되어 이 繼電器에 並列로 Condenser(5uF)를 插入하여 어느 程度의 成果를 얻었다.

直流回路에선 Condenser 는 Impedance 가 거의 無限大로 커지므로 電信用 直流電流 10mA는 通信用繼電器를 通하게 하고 誘導交流電流만 Condenser 를 通하여 大地로 分流시키자는 것이다. 結果로 通信에는 큰 支障은 除去되었으나 誘導電壓의 變動으로 誘導電流 亦 變動되는 까닭에

完全한 除去는 안되며 이 Condenser 의 放電裝置를 模索中이며 諸外國의 如斯時의 誘導除去裝置에 對한 資料도 收集하여야 할 것이고 繼續研究課題로 남아 있다.

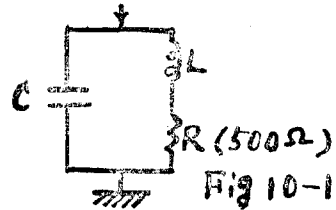
다음에 通信回路에 插入한 Condenser 容量選定 計算例를 略記한다

大田—錦山—茂朱間 郵便局線路의 等價回路를



回示하면 Fig.9와 같다.

여기서 電信用繼電器에 Condenser 를 並列接續



한 等價回路는 Fig. 10-1와 같은 바 $1/WC < WL$ 則 所期의 成果를 이룰 수 있는 바 Fig. 9에 依하여 L를 求한다

一線을 大地歸線으로 하는 鐵線의 Inductance 는 6.95mH/Km

$$X_1 = WL = 2\pi f \times 6.96 \times 32 \times 10^{-3} = 85\Omega$$

$$r_1 = 8.341 = 270 \Omega \text{ (4.5mm 鐵線의 抵抗 8.341/Km)}$$

$$x_2 = y$$

$$r_2 = 500 \Omega$$

$$X_3 = WL_3 = 2\pi f \times 6.96 \times 23 \times 10^{-3} = 75\Omega$$

$$r_3 = 8.341 \times 23 = 230 \Omega$$

$$X_4 = y$$

$$r_4 = 500 \Omega$$

合成 Impedance $Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4$

$$= (270 + 500 + 230 + 500)$$

$$+ j(185 + y + 75 + y)$$

$$= 1500 + j(160 + 2y)$$

$$|Z_1| = \sqrt{(1500)^2 + (160 + 2y)^2}$$

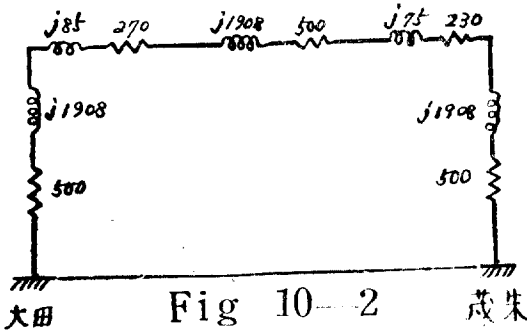


Fig 10-2

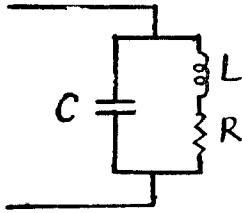


Fig. 10-3

大田에서 通信用繼電器 및 Battlesy를 除去하고 測定한 誘導電壓 8.5V 誘導 電流 2mA이며 여기서 y를 求하면

$$8.5 = 2 \times 10^{-3} \sqrt{(1500)^2 + (160 + 2y)^2}$$

$$(1500)^2 + (160 + 2y)^2 = \frac{72.25}{4 \times 10^{-6}}$$

$$(160 + 2y)^2 = 18.0625 \times 10^6 - 225 \times 10^4$$

$$= (1806.25 - 225) \times 10^4$$

$$160 + 2y = 39.765 \times 10^2$$

$$y = \frac{397.6 - 60}{2} \approx 1908 \Omega$$

$$\therefore L = \frac{y}{W} = \frac{1908}{376.8} \approx 5.1 \text{ henrg}$$

다음에 大田에서 繼電器抵抗 520 Ω 를 插入한 電信回路 全體의 Impedance 를 求하면 (Fig10)에서

$$|Z_1| = \sqrt{(2000)^2 + (5884)^2} \approx 6300 \Omega$$

따라서 晝間誘導電壓 8.5 V일때 誘導電流는

$$i = \frac{8.5}{6300} \approx 1.4 \text{ mA}$$

夜間誘導電壓 20V일때 誘導電流는

$$i = \frac{20}{6300} \approx 3.2 \text{ mA}$$

Fig. 10-3 에서

$$WL = \frac{1}{WC} \text{ 일 境遇 誘導}$$

電流는 繼電器와 Condens

er에 同一하게 흐르며

【晝間】8.5V誘導電壓(1.4

mA 誘導電流)에서

$$WL = \frac{1}{WC} \text{ 인 C의 容量은}$$

$$C = \frac{1}{W^2L} = \frac{1}{376.8 \times 1908} = \frac{1 \times 10^{-6}}{0.72} \approx 1.4 \mu\text{F}$$

即 1.4μF 以上이래야 한다.

이때 relay에 通하는 誘導電流는 0.7mA 이며 通信에 別支障은 없었다.

【夜間】

誘導電壓 70 V

誘導電流 3.2mA

$$WL = \frac{1}{WC} \text{ 를 滿足시키는 C의 容量은 } 1.4 \mu\text{F}$$

로써 晝間과 同一하나 이때 relay 에 通하는 誘導電流는 1.6mA로써 通信에 支障을 주므로 relay 에 通하는 誘導電流를 夜間에도 晝間과 같이 0.7 mA 以內로 하는 Condensser 容量은 다음과 같다.

$$WL: \frac{1}{WC} = 2.5:0.7$$

$$C = \frac{2.5}{W^2L \times 0.7}$$

$$= \frac{2.5}{376.8 \times 1908 \times 0.7} = \frac{25 \times 10^{-6}}{5.03}$$

$$\approx 5 \mu\text{F}$$

即 5μF 以上容量의 Condenser 를 通信用 繼電器와 並列로 插入함으로써 晝間과 같이 通信用 Relay에 流入하는 誘導電流를 0.7mA 以內로 抑制할 수 있다. (Fig 11)는 大田—錦山—茂朱 各 郵便局에 誘導電流分流用 Condenser를 插入한 電信回路이다.

以上大要 錦山配電線路 配電方式 變更에 따른 大地歸線式 電信回路에 對한 誘導障害와 그 對策을 紹介하였으나. 이 問題는 前述한 마와 같이 電力會社와 遞信部兩者가 合心協力함으로써 解決될 問題라고 生覺된다.

(A) 電力線側에서 行할 事項

【平常時】

(1) 電力線의 中性點 殘留電壓 또는 殘留電流를 低게 한다.

(가) 架線方法에 있어 三線을 正三角形 또는 二等邊三角形 (底邊이 鉛直인 것)의 頂點에 配列한 境遇 殘留電壓이 最少이다.

(나) 撚架를 充分히 하여 三線의 靜電容量及 Inductance를 平均하게 한다. 美國의 例를 보면 7.2kv까지의 電壓에서 600span

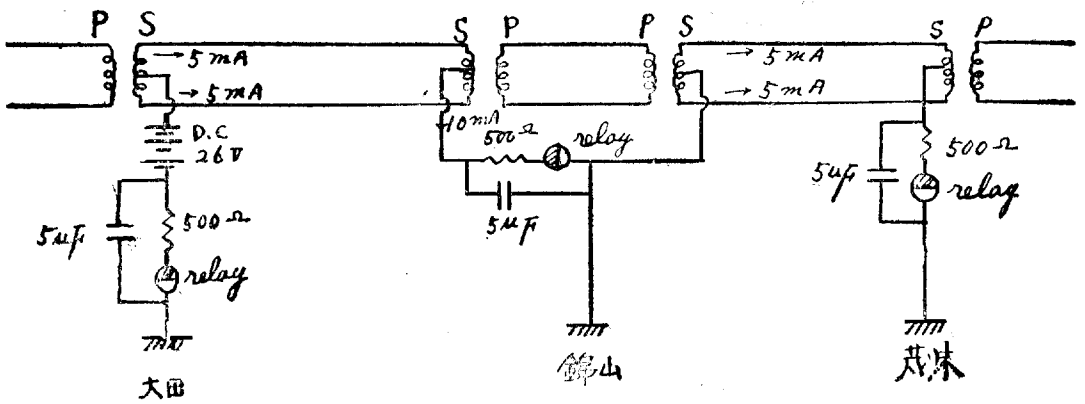


Fig. 11

예선 每基마다. 300' 以下에서 每四基마다 撚架하고 있다.

(2) 高周波電壓 及 電流 發生防止

變電器 鐵心飽和로 인한 高調波電壓 發生을 防止하기 爲하여 鐵心の 過飽和를 通하고 또 △結線이 包含되도록 한다. 이렇게 함으로써 第三高調波電壓이 線路에 나타남을 防止할 수 있다.

(3) 通信線과의 交叉를 直角으로 한다.

【地絡故障時】

選擇接地繼電器로 故障線을 早速히 除去한다.

(B) 通信線側에서 行할 事項.

【平常時】

(1) 單線式을 二線式인 金屬回路로 한다

(Open circuit)

(2) 適當한 交叉를 行한다.

普通電話線은 漏話를 防止하기 爲하여 交叉를 하고 있으나 近接한 電力線에 對해서는 往復한 二線이 平衡도록 交叉를 增加하면 誘導作用을 相當히 防止할 수 있다.

(3) 複線式電話線에 있어서는 二線의 直列 及 並列 Impedance를 같게 하여 二線의 不平衡을 輕게 한다 (各線의 絕緣抵抗 直列로 들어간 Fuse 熱線輪, 裝荷線 等を 같게 한다)

(4) 通信電流 level를 높인다. 또는 搬送式의 利用.

(C) 保安裝置

電力線 故障時 通信線의 받는 危險電壓을 防止하기 爲하여 放電電壓이 낮은 避雷器를 裝置한다. 이 關係를 低壓과 高壓으로 分類한다. 低壓架空線에 併架한 添架電話線에는 (Fig12)와 같

은 低壓用 保安裝置를 施設하여야 하며 이 保安裝置는 雷의 侵入과 混觸에 依한 障害를 防止하는 것이 目的이며, 雷의 侵入等 高電壓이 發生時 L_1 의 避雷器(300V以下에서 動作)로 保護하고, 混觸等으로 低壓의 電流가 長時間 흘렀을 境遇에는 熱 Coil H가 溶斷 (200mA 以下에서 動作)하여 保護한다.

다음 高壓架空線에 併架하는 添架電話線에는 (Fig13)과 같은 保安裝置를 하여야 할 것이며 (a)圖는 高壓用 甲種保安裝置로 高壓架空線과의 混觸等에 依한 高電壓이 電話線과 大地間에 加해 졌을 때 L_2 避雷器(交流 1000V 以下에서 放電한다)의 放電에 依하여 電話機側의 電壓을 抑制한다 L_2 의 避雷器로써 1,000V 以下로 低下된 電壓은 L_1 避雷器에 依하여 다시금 300V 以下로 抑制된다 또 線間에 高電壓이 加해 졌을 때 또는 大電流가 흐를 境遇는 use와 熱Coil의 溶斷으로 機器를 保護한다. 高壓甲乙種 保安裝置는 電話線과 大地間에 高壓이 加해 질 境遇 L_2 의 避雷器로써 排流中繼 Coil에 1000V 以下 加壓되면 이 電壓은 다시금 排流中繼 Coil의 earth로써 300V 以下로 抑制된다. 다음 線間에 高電壓이 加壓時 DR의 排流中繼 Coil로써 爲先二次側의 誘起되나 A의 放電 gap (交流300V 以下에서 動作한다)에서 短絡되어 frFuse가 溶斷되어 保護한다 300V 以下의 大電流가 侵入했을 때는 熱Coil가 溶斷하여 保護한다 以上의 두 가지 種類의 高壓用保安裝置 中 乙種保安裝置는 排流中繼 Coil에 依하여 常時線路를 接地하고 있으므로 作業員의 安全上 適當한 것이며, 特히 三相四線式電線路에 添架할 境遇는 誘導電壓이 比較的 크므로 乙

種保安裝置가 適當하다. (b) 圖의 排流中繼는 中繼 Coil와 排流Coil와를 兼한 것이며 中繼Coil는 一種의 絕緣用 變壓器이다. 排流 Coil는 (Fig14) 와 같이 Inductance의 中性點을 接地한 것으로 써 通信電流와 같은 高周波電流에 對해서는 큰 Impedance로 되어 通話電流는 흐르지 않으나, 電力線에서 誘導된 低用波電流에 對해서는 兩線路로부터 鐵心入에 만드는 磁力線이 相殺하여 reactance가 작으며 誘導電流를 大地로 放流시키는 作用을 한다.

六. 錦山配電 線路 實驗 實績

各種線路故障時 實驗結果를 要略하면 다음과 같다.

試驗項目을 다음 五個項目으로 區分한다.

- 一相接地故障試驗
- 高低壓混觸試驗(一相對中性線短絡)
- 線間短絡試驗
- 中性線斷線故障試驗
- 高壓線一條斷線試驗

試驗結果

- 一相接地故障試驗

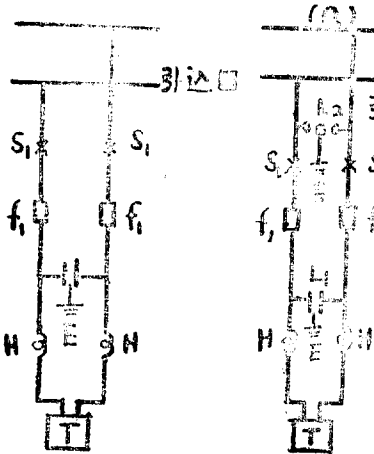


Fig. 12

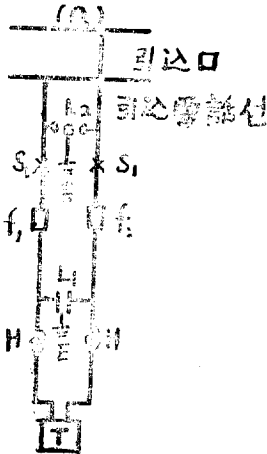


Fig. 13

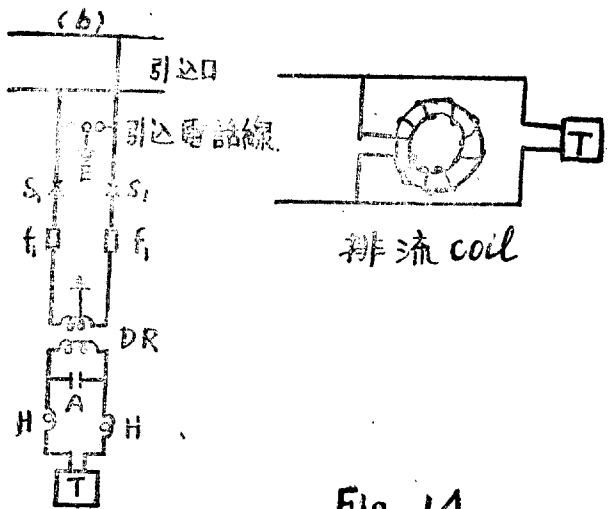


Fig. 14

架空電線路가 低壓인 保安裝置

T: 電話機

H: 250mA以下에서 動作하는 熱 Coil

L: 交流 300V 以下에서 動作하는 避電器

E: 接地

f: 定格電流 5A以下의 Fuse

S: 引込用開閉器

架空電線路가 高壓인 保安裝置

(a). 高壓用 甲種保安裝置

(b). 高壓用 乙種保安裝置

L: 交流 1000V 以下에서 動作하는 避電器

A: 交流 300V 以下에서 動作하는 放電 gap

DR: 排流中繼coil Fig

其他符號는 (12)과 같다

「Fig. 15」 및 「第4表」 參照

電線路 保護用으로 各相에 通電流繼電器, 中性點에 小勢力繼電器를 挿入, C.T 比率는 90/5A phase relay Tap 4A, 小勢力 relay Tap 1A, 로 各各 調整

試驗地—錦山市內 幹15號柱

接地低抗 40Ω, 60Ω, 80Ω, 에 對하여 phase relay 와 小勢力 relay가 各各 動作하였고 健全相의 對地電壓變動도 거의 없었다. 또 添架電話線의 誘導電壓은 接地抵抗 20Ω에서 定常時 20V에서 80V로 上昇 하였다.

b). 高低壓混觸試驗

試驗地—錦山市內 幹15號柱.

短絡低抗 40Ω, 50Ω, 60Ω, 로 하여 3回試驗하였고 phase relay와 小勢力 relay가 各各 動作하였으며 中性線의 對地電位는 겨우 80V, 60V 40V, 程度였으며 高壓 健全相의 電位上昇도 無理한 程度로서 通信線 誘導障害도 없었다

「第五表」 「Fig. 16」 參照

c). 線間短絡故障試驗.

試驗地—錦山市內 幹15號柱

短絡低抗 40 Ω, 60 Ω, 100 Ω, 를 通하여 試驗

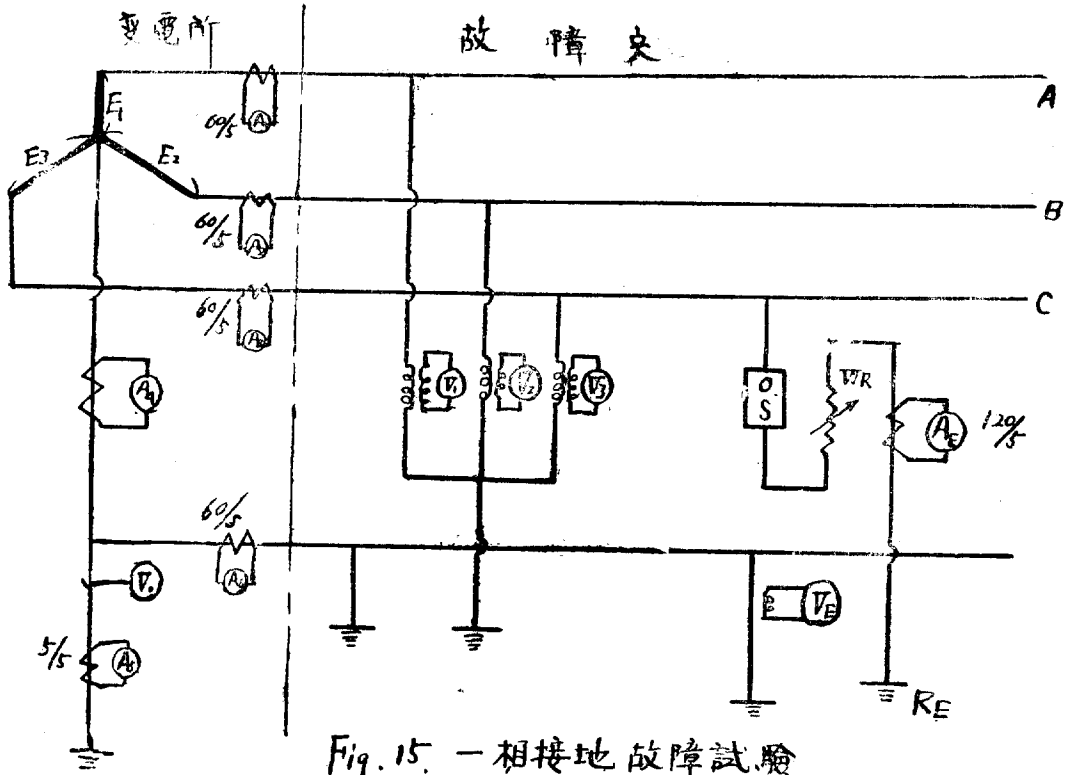


Fig. 15. 一相接地故障試驗

【第四表】 一相接地故障試驗點

	變電所						故障點						備考	
	1		2		3		1		2		3			
	定	故	定	故	定	故	定	故	定	故	定	故		
A1	20	30	20	30	18	26	V1	3300	3450	3300	3450	3300	3300	i) C相接地 ii) 變電所各phase電壓變動錄音 iii) C. T. Ratio 60/5 A phase relay Tap 4ALever 1/2sec V) 勢力 relay Tap 1A Lever 1/2sec iV) 定常時濟架呈活線路誘導電壓 20V 未滿(接地抵抗20Ω) 一線接地時誘導電壓 80V (接地抵抗定 40Ω)
A2	25	35	20	30	20	30	V2	3300	2450	3300	3450	3300	3300	
A3	23	80	25	60	22	46	V3	3300	2650	3300	2700	3300	2800	
A4	4	43	4	25	3	18	VE	0	90	0	50	0	40	
A5	1	8	1	5	1	3	AE	0	60	0	45	0	30	
A6	3	35	2	20	2	15	WR							
V0	1	5	1	3	1	3	RE		49 ^Ω		60 ^Ω		80 ^Ω	
O.C.R.1														
// 2														
// 3		act		act										
// 川勢力		act		act		act								

【第五表】 高低壓混觸時

	變電所						故障點						備考 i) C相斗 中性線混觸
	1		2		3		1		2		3		
	故	定	故	定	故	定	故	定	故	定	定	故	
A1	26	30	26	30	24	30	V1	3300	3400	3300	3400	3300	3300
A2	30	40	28	40	26	35	V2	3300	3300	3300	3300	3300	3300
A3	30	80	30	70	30	56	V3	3300	2400	3300	2700	3300	3300
A4	4	39	3,5	36	5	24	VE	0	80	0	60	0	40
A5	1	8	0,5	7	1	4	AE		75		60		30
A6	3	31	3	29	4	20	WR						
Vo	1	5		4	1	2	RE		40		50		60
O.C.R. 1													
// 2													
// 3		act		act	act	act							
// 川勢力		act		act	act	act							

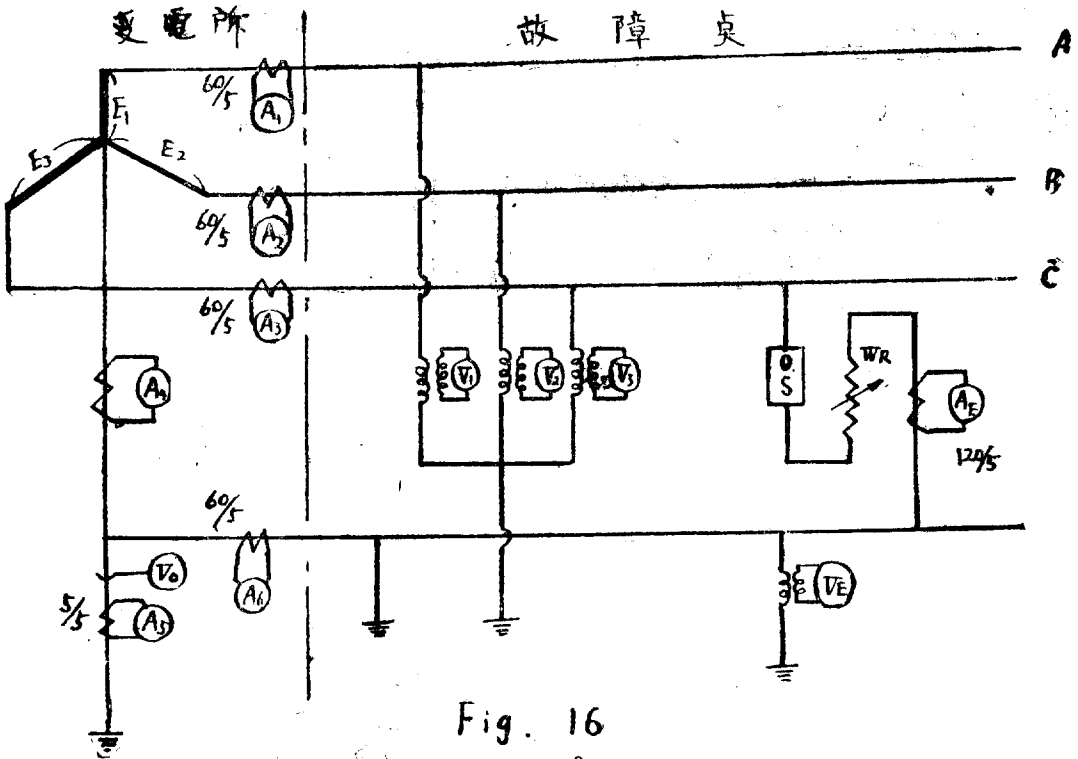
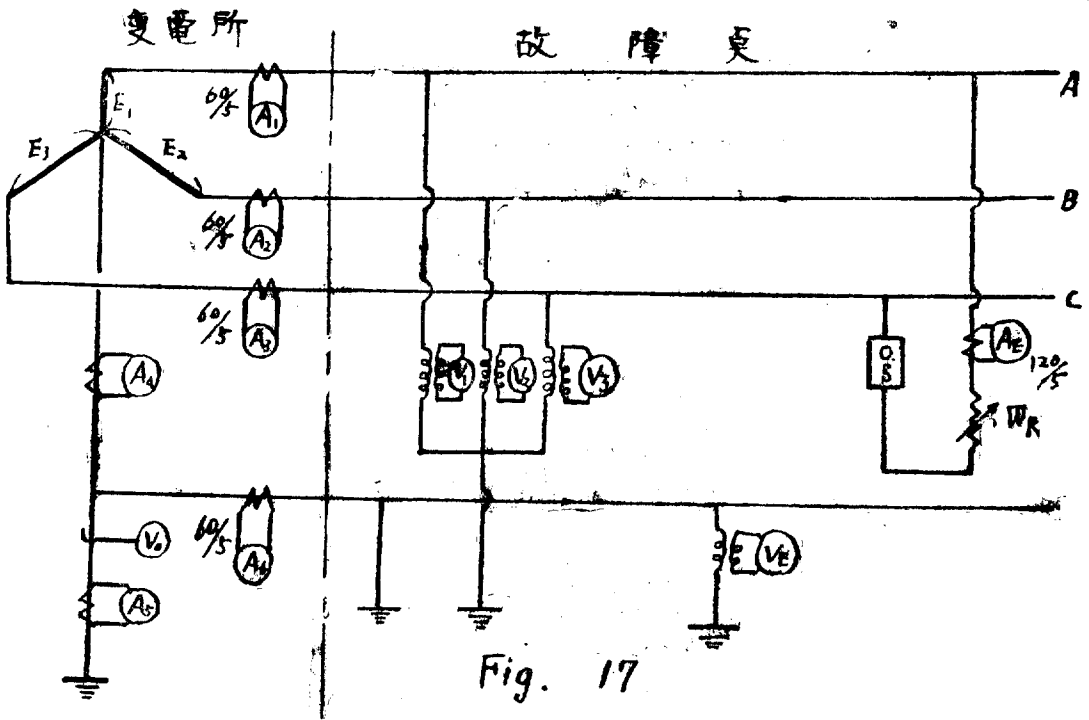


Fig. 16

【第六表】 線間短絡故障

	變電所						故障點						(1) A相, C相, 短絡.
	1		2		3		1		2		3		
	定	故	定	故	定	故	定	故	定	故	定	故	
A1	20	70	20	60	20	40	V1	3300	3100	3300	3300	3300	3100
A2	26	40	24	40	24	30	V2	3300	3300	3300	3200	3300	3200
A3	24	80	20	60	20	40	V3	3300	2900	3300	3000	3300	3100
A4	5	36	4	20	4	20	VE						
A5	1	6	1	4	1	4	WR		r 40		r 60		r 100
A6	4	30	3	16	3	16	RE						
Vo	1	4	1	2	1	2	AE		75		50		30
O. C. R. 1		act		act		act							
// 2													
// 3		act		act		act							
川勢力		act		act		act							



結果 phase relay, 小勢力 relay 가 每回動作하였으며 高壓健全相의 電位上昇과 中性線의 電位上昇이 없었고 또한 誘導障害도 없었다. [第六表] [Fig. 17] 參照

d). 中性線斷線故障試驗
 中性線斷線時에는 運轉에 別支障은 없었으나 共通中性點 多電接地方株에선 되도록 接地를 많이 타고 全體의 合成抵抗을 적게 하는데 主眼點

이 있는 만큼 運轉에는 爲先 支障을 안 준다 하더라도 一相接地, 高低壓混觸時의 高壓線과, 低壓線의 電位上昇이 憂慮되므로 卽時 線路 巡回하여 修理토록 하여야 한다.

e). 高壓線斷線試驗

試驗地가 電荷末斷으로서 送電에 아무 支障은 없었으나, 高壓線斷線은 結局은 接地 또는 短絡狀態를 가지 오므로 變電所의 O.C.R.을 動作시킬 것이며 試驗結果는 負荷末端에선 Load 가 거의 Balance 되어 있다고 볼 수 있으므로는 動作치 않았으나 電源側에 가까울 수록 斷線으로 인한 Load unbalance 를 가져올 것이고 小勢力 relay가 動作할 것이다.

七. 三相四線式 共通中性線多重接地 配電方式의 工事上注意事項

a). Load Balance

負荷電流의 平衡은 損失減少, 電壓變動範圍의 縮少, 接地事故時의 小勢力 繼電器 動作銳敏性과 特히 Load unbalance時 零相分 電流로 인한 通信線 誘導障害 等に 密接히 關係되는 것으로 써 線電流가 Balance되도록 種別로 正確한 負荷

를 測定把握하여야 할 것이며, 變壓器結線에 있어서도 比較的 大動力에 對해서는 三台結線으로 하여 可能한 限 2台結線을 避한이 좋은 것이다 美國의 例를 보면 約 30%의 Load-unbalance는 許容하고 있는 實情이다.

b). 中性線架線과 接地에 對하여 全系統의 接地抵抗의 高低는 高壓線接地時의 高壓健全相의 電位上昇과 高低壓線 混觸時의 低壓線의 電位上昇에 密接한 關係를 가지오므로 可能한 限 低抵抗 接地를 인도록 努力하여야 할 것이다. 實地로 主變壓器二次 Y의 中性點은 1Ω 以下(馬田變電所 $0.6r\Omega$)로 直接 接地하고 配電線路의 中性線은 $Wo 5.0m/m$ 電線으로 變電所로부터 全線路에 亘하여 架線하되 低壓線一條는 共用하고 變台柱 全部와 配電線路 每 $1Km$ 當 10Ω 以下로 中性線을 接地한다.

變台柱 二次側은 勿論 第二種 接地工事を 하여야 한다.

c). 柱上變壓器結線 (Fig. 18 참조)

以上 3相 4線株을 中心으로 한 變壓配電線路 昇壓方株을 略論하고 共通中性線多重接地方式 實施結果를 略述한 바 앞으로 低壓多重接地方式도 試圖計劃中에 있으며 繼續研究課題에 있다.

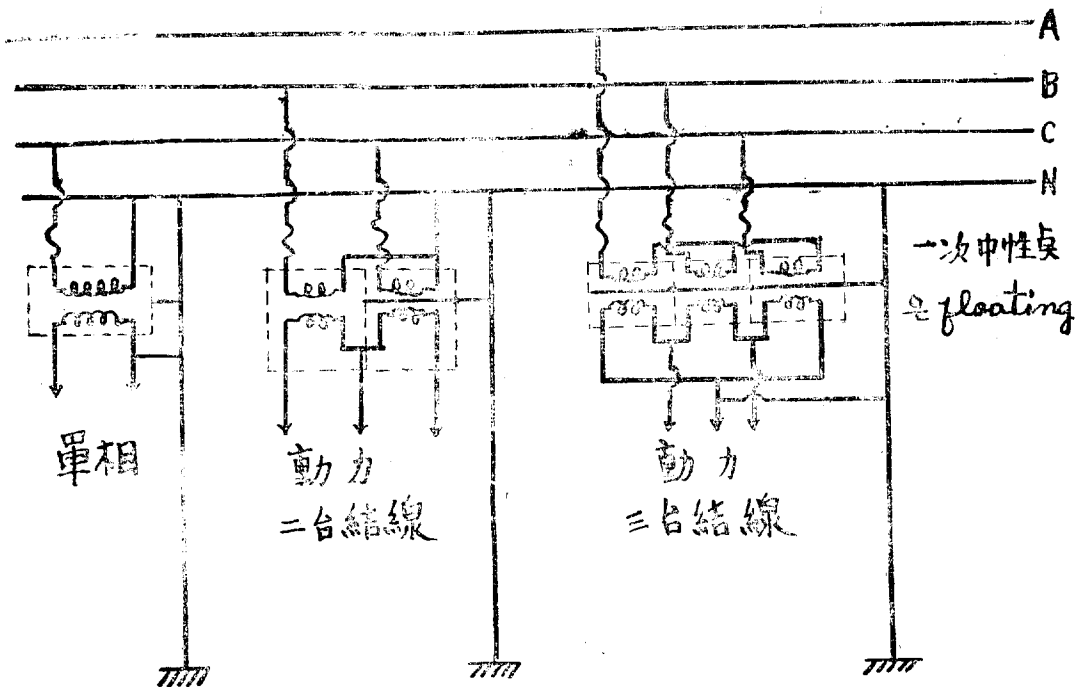


Fig 18