

配電系統의 自動化 技術

鄭 在 吉

- 1. 序 言
- 2. 配電線의 故障區間 自動檢出方式
- 3. 配電線의 遠方監視 및 遠隔制御
- 4. 開閉器遠隔制御와 組合한 自動配電시스템
- 5. 配電線 自動化的 將來
- 6. 結 言

1. 序 言

電力系統에 있어서의 自動化는 水力·火力發電, 變電의 各設備에 있어서 그 保守運用面에 널리 適用되고 있으며 특히 最近에는 半導體 應用等 電子工學의 進歩 技術이 널리 普及되고 있다.

한편 最近에는 社會生活의 高度化에 따라 日常生活에서 電力依存度가 높게되고 供給信賴度向上에 대한 社會的 要請이 높아지고 있으며 이와 같은 狀況下에서 配電設備 部門에 있어서도 自動化가 研究 進行되고 있으며 機器의 自動化와 함께 電子 應用機器가 導入되고 供給信賴度의 向上 및 業務의 合理化에 많은 貢獻을 하고 있다. 配電系統의 自動化方式으로는 自動制御方式, 遠方監視方式, 遠隔制御方式으로 大別할 수가 있다.

本稿에서는 우선 配電線의 自動制御方式中 代表的인 配電線 故障區間的 自動檢出方式에 관하여 記述하고 다음 配電線의 遠方監視 및 遠隔制御方式에 관하여 代表的인 것을 들어 紹介하고 끝으로 自動配電시스템에 관하여 略述하고자 한다.

2. 配電線의 故障區間 自動檢出方式

2.1 配電線 自動區分 開閉裝置의 概要

配電線의 故障區間 自動檢出方式으로는 無電壓 開放式的 自動區分 開閉器에 時限繼電器를 併用한 時限式 自動區分 開閉裝置가 널리 採用되고 있다. (多重接地

系統에서는 Recloser, Sectionalizer, Fuse Link 등의 組合에 의한 保護協調方式도 널리 採用되고 있음). 이 自動區分 開閉裝置는 配電線路에 設置한 常時勵磁用 開閉器를 制御箱(時限繼電器)에 의해 制御되도록 한 것으로 自己遮斷은 行하지 않고 變電所의 再開路 保護繼電器와 協調하여 變電所 遮斷器의 再開路後 다시 遮斷됨에 의하여 故障區間 直前的 電源側 開閉器를 lock-out시키고 다시 變電所 遮斷器의 再再開路에 의하여 故障區間을 除去하고 健全區間만에 送電을 行하도록 한 것이다. 이 制御箱 勵磁後 開閉器를 投入할때까지의 投入時限(X時限)과 切離動作(lock-out)을 하는 檢出時限(Y時限) 및 停電後도 잠시동안(보통 2초) 投入의 狀態를 持續토록 하는 遲廻開放時限(Z時限)을 갖는 時限繼電器를 갖고 있다.

여기서 Z時限은 無電壓에 의한 開閉器의 開放을 반듯이 變電所 遮斷器의 遮斷後에 行하여 開閉器에 의한 不必要한 事故時 大電線 遮斷을 防止함과 同時의 落雷等에 의한 순간 電壓降下에 의한 誤動作을 防止하기 위하여 必要한 것이다.

自動區分 開閉裝置는 그 用途에 따라서 樹枝狀 配電線에 一般的으로 使用되는 順送式 loop配電에 必要한 順送用, 選擇順送用, loop點用的 4種으로 分類할 수 있으나 우리나라의 配電系統은 거의가 樹枝狀 配電方式이므로 여기서는 順送時限式 自動區分 開閉裝置에 관하여만 詳述하기로 한다.

2.2 故障區間 自動檢出方式的 動作原理

그림 1과 같은 樹枝狀 配電系統에 있어서 區間 S_1 에서 故障이 發生하였을 경우를 生覺한다. 먼저 S_1 區間에서 故障이 發生하면 즉시 變電所의 保護繼電器에 의하여 變電所 遮斷器가 trip된다.

이때 1, 2, 3의 區分開閉器는 어떤 遲廻限時(즉 Z限時)後 일제히 開放된다. 다음 變電所의 再開路繼電器의 動作에 의하여 遮斷器가 再投入되면 우선 S_1 區間이

* 正會員: 中央大 工大 電氣工學科 敎授

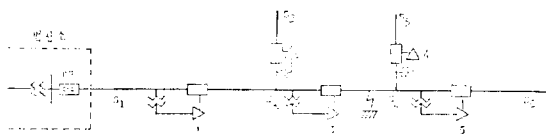


그림 1. 배전선 자동구분 개폐장치 설치계통도

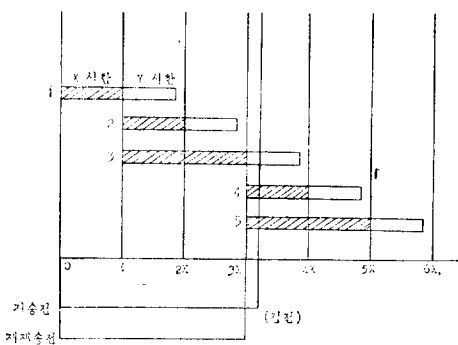


그림 2. 동작 Diagram

充電되고 다음 그림 2의 동작 diagram에 표시된 바와 같이 1의 開閉器가 電壓을 檢出해서 投入時限(즉 X時限)을 경과한 후 投入된다. 1의 開閉器의 投入에 의하여 S₂ 區間이 充電되고 1의 開閉器와 마찬가지로 2의 開閉器가 다시 X時限후 投入되어 S₃區間이 充電되며 3의 開閉器는 2X時限후 投入되어 S₄區間이 充電된다. 이 操作동안에 만일 S₄區間の 故障이 回復되면 즉 순시고장이면 以下 順次로 整定投入時限에 따라서 配電線은 모두 充電되어 故障前 狀態로 復歸되고 停電區間은 생기지 않는다.

만일 S₄區間이 充電될 때까지 故障이 回復되지 않고 永久故障이 될 경우에는 다시 變電所의 遮斷器가 trip 된다.

이때 3의 開閉器는 檢出時限(즉 Y時限) 以內的 電源이 상실되므로 lock out 狀態로 되고 再閉路에 의하여 S₂區間이 充電되더라도 投入動作은 行하지 않는다.

그러나 健全區間の 他의 開閉器는 再閉路時와 마찬가지로 順次 投入되어 故障區間을 除外한 健全區間은 계속 送電을 할 수 있게 된다. 이 方式은 時限으로서 制御하는 方式이므로 區分開閉器 自體에는 故障을 檢出하는 裝置(즉 過電流繼電器나 接地繼電器)는 必要로 하지 않으며 또한 開閉器는 自己遮斷을 行하지 않으며

로 遮斷容量은 별로 고려하지 않아도 되나 短絡故障區間에의 強制投入 하는 것을 고려해서 보통 30kA(과고치) 정도의 投入容量을 갖도록 하고 있다.

時限은 一般的으로 Warren Motor의 回轉角 혹은 磁氣增幅器의 動作時限에 의하여 測定하는 것이 많으며 상기 時限은 一般的으로 X時限은 5~14초, Y時限은 4~7초(X > Y)로 整定하고 Z時限은 30c/s~2초 정도로 하는 것이 보통이다.

이 自動區分開閉裝置의 制御回路는 여러가지 方式이 고안되어 있으며 또한 配電線路의 故障은 1線地絡故障이 압도적으로 많으므로 配電線 故障區間檢出裝置內에 地絡故障을 自體內에서 自動檢出하는 自己選別故障區間檢出裝置를 附加해서 變電所의 遮斷器를 1회만 再閉路함에 의하여 健全區間 全部에 送電을 完了하고 故障區間 以下를 정전시키도록 하여 健全區間の 停電時間을 短縮시키는 방법도 開發되고 있다.

2.3 故障區間 表示器

配電線自動區分開閉裝置를 設置한 配電線에서는 前項에서 述한 바와 같은 原理로서 故障區間을 除去하며 그 故障區間을 表示하는 데에는 故障區間表示器를 使用한다. 故障區間表示器의 原理는 再閉路後 다시 變電所의 遮斷器가 trip할 때까지의 時間을 測定해서 指針을 돌리도록 한 것이다. 指針의 驅動은 보통 Warren motor로서 行하며 每 X時限마다 區間の 눈금을 그려 넣었고 8區間정도까지 表示할 수 있도록 되어 있다. 이 表示器는 變電所 遮斷器의 補助接點을 必要로 하므로 變電內에 設置하는 것이 보통이며 만일 變電所가 自動化되어 있어서 連續監視 또는 無人化가 行하여질 경우에는 別途의 傳送手段을 使用하여 親變電所 또는 集中制御變電所로 遠隔表示를 行할 必要가 있다.

3. 配電線의 遠方益視 및 遠隔制御

3.1 遠方監視制御의 必要性 및 概要

최근 大都市에 있어서는 交通量의 過密化, 高層빌딩의 出現 社會生活의 高度化에 따른 各種 家電機器의 普及等으로 長時間에 걸친 停電은 社會生活에 混亂을 일으키므로 供給信賴度에 대한 社會的 要請은 점점 높아지고 있으며 또한 配電系統이 複雜化됨에 따라 開閉器操作業務의 省力化, 需用家의 service向上, 配電業務의 合理化, 新技術開發의 촉진등의 必要性으로 부터 配電用 機器의 狀態를 直接監視하고 制御하는 遠方集中監視 및 遠隔制御의 必要性이 漸增되어 가고 있으며 특히 最近에는 電力設備의 效率의 運用을 圖謀하기 위한 合理的인 負荷管理, 自動檢針 및 配電營業, 業務의 總合 自動化의 一環으로 遠方集中監視制御의 必要性이

더욱 要求되고 있으며 先進諸國에서는 오래전부터 이를 實施運用하고 있으며 多大한 效果를 거두었다고 한다. 配電線의 遠方監視制御의 必要한 條件으로는 信賴性이 높고 價格이 싸고 配電線運用에 適合하여야 하며 遠方監視 및 制御方式으로는 直流電壓 選擇方式, pulse cade 方式(특히 可聽周波信號의 搬送方式, 周波數割當方式 및 配電線을 傳送路로 利用하는 ripple control 方式等 多種多樣하나 여기서는 代表的인 몇가지 방식에 關하여만 소개하고자 한다.

3.2 周波數割當(또는 選擇) 方式

(1) 第1方式: 이 方式은 每被制御局(즉 制御對象 開閉器子局)마다 各各 特定の 周波數를 1 channel씩 割當해 놓고 制御局(즉 親局)으로부터 任意로 選擇한 被制御局의 周波數를 選出傳送해서 制御監視하는 方式이다. 親局 및 子局의 機器構成은 그림 3과 같으며 周波數로는 약 1kHz로부터 5kHz의 範圍의 것을 使用하고 있다.

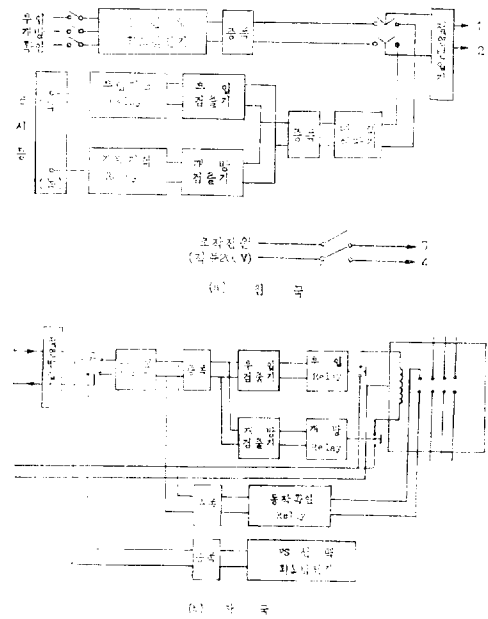


그림 3. 주파수 선택방식 전국 및 차국 기기구성도
본 方式은 基本周波數 f_0 (例: 595Hz로부터 $2 \cdot \Delta f$ 만큼을 점차 增加시켜감)를 Δf 로서 變調해서 이때 發生되는 $f_0 \pm \Delta f$ 의 兩側 波帶를 各各 取出해서 開閉器의 投入 혹은 開放의 信號를 選出하는 소위 FS 方式을 취해서 小形化를 圖謀하고 있다. 즉 制御所에서 自動開閉器의 投入時는 연속적으로 $f_0 - \Delta f$ 가 되는 周波數의 制御信號를 送信하면 子局에서는 帶域 filter로서 $f_0 - \Delta f$ 만 檢出하여 300밀리秒 以上 持續하면 投入繼電器가 動作하여 開閉器의 投入動作이 完了되며 開閉器內의

接點 on에 의해 4,120Hz를 發振, 確認信號를 親局으로 送出하면(600밀리 秒間) 親局에서는 4,120Hz를 選擇受信해서 投入램프가 點火된다. 한편 開閉器의 開放의 경우에는 연속적으로 $f_0 + \Delta f$ 가 되는 周波數의 制御信號를 送信하면 子局에서는 帶域 Filter로서 $f_0 + \Delta f$ 만을 檢出해서 300밀리秒 以上 持續하면 開放繼電器가 動作하여 開閉器의 開放動作이 完了되며 開閉器內의 接點 off에 의해 4,250Hz를 發振, 確認信號를 親局으로 送出(600밀리 秒間)하면 親局에서는 4,250Hz를 選擇受信해서 開放램프가 點火된다. 또한 開閉器의 投入 開放 確認試驗은 制御所(親局)에서 $f_0 + \Delta f$ 와 $f_0 - \Delta f$ 인 周波數의 制御信號를 50秒마다 번갈아 送出하면 子局에서는 雙方的 檢出電壓을 중첩해서 直流分만 取出해서 試驗繼電器를 動作시키고 開閉器가 投入되었을 경우에는 4,120Hz, 開放되었을 경우에는 4,250Hz를 發振 確認信號를 親局으로 送出하며 親局에서는 4,120Hz를 受信하였을 때에는 投入確認램프가 點火되고 4,250Hz를 受信하였을 때에는 開放確認램프가 點火된다. 그러나 이 方式은 制御局이나 被制御局에 모두 發振, 受信回路와 檢出回路를 갖고 있어야 하므로 상당히 複雜化되고 信賴性의 低下를 초래할 우려가 있다.

(2) 第2方式

이 方式은 各被制御局에 周波數를 割當하는 方法은 (1)의 方式과 같으나 機器 및 制御케이블의 構造의 簡素化를 目的으로 開發한 方式으로 「被制御局의 各各에 切, 入에 必要한 2種의 周波數와 監視周波數를 割當해 놓고 被制御局은 投入, 開放의 制御信號에 대하여 다른 檢出回路를 갖도록 하며, 그 周波數에 應해서 自動開閉를 動作시키도록 되어 있다.

따라서 自動開閉器의 補助接點의 開閉에 의해 監視信號를 停止 혹은 通過시켜 開閉狀態를 確認토록 되어 있다.」 즉 各子局은 發振器를 갖지 않고 自動開閉器는 常時 配電線에 의해 電壓이 引加되어 있어 이 힘으로 投入狀態가 保持되도록 되어 있다. 따라서 信號케이블도 0.9mm 2對와 標準品이 使用되고 있다.

더욱 本方式에서는 時限式自動區分開閉器와 併用함에 의해 2回線 lcop 構成을 採用하고 있으나 區分開閉器에 無接點化한 電子機器를 導入함으로써 그 信賴性 및 安全性 確認의 性能도 갖고 있다.

本方式에 있어서 監視는 區分自動開閉器의 開閉狀態를 直接監視한다는 생각하에서 transistor回路를 使用한 常時送出的 周波數選擇方式을 採擇하고 制御도 同様の 方式을 採用하였다. 多周波를 使用할 경우에 周波數의 決定은 信號 cable에 誘導되는 外部雜音, 混變調, 相互干渉 및 cable의 傳送損失等을 고려하여 下限은 500Hz, 上限은 4,000Hz를 採擇하고 있다. 親局에는

送信部로서 常時 發振되고 있는 發振器와 自動區分開閉器를 遠方制御하는 局選用 및 操作用 發振器가 있고 또 受信部로서 돌아온 信號를 表示하기 위한 裝置가 있다. 屋外裝置로서는 被監視局에는 필타가 또 被制御局에는 局選 및 操作이 행하여지는 裝置가 있으며 被監視局 및 被制御局에서는 監視用 필타와 直列로 自動區分開閉器의 主接觸子와 連動하는 a接點을 삽입하여 自動開閉器의 開閉狀況을 直接 親屬에 表示할 수 있도록 되어 있다. Feeder에 故障이 發生해서 停電되면 그 線路에 接續되어 있는 自動開閉器는 全部 開路하며 그때 그 開閉器의 表示는 Flicker를 나타내어 그 Feeder에 故障이 發生하였음을 表示한다. 變電所에서 再送電하여 線路에 設置되어 있는 自動區分開閉裝置가 順次로 投入되어 가면 그 狀況이 그때마다 表示되며 故障區間 自動檢出裝置의 動作에 의하여 故障區間이 檢出되면 그 區間の 兩端 開閉器가 開路되어 있음을 表示하여 故障區間을 判別토록 되어 있다.

3.3. Ripple control 方式

Ripple control은 信號傳送로서 配電線 自體를 利用하는 구타파에서 널리 채용하고 있는 方式이다. 搬送周波數 즉 制御信號 周波數로서는 配電線의 信號傳送特性(信號注入點의 임피던스特性, 高壓配電線의 信號電壓 分布特性) 및 雜音電壓特性을 고려하여 100Hz~1000Hz가 使用되나 6.6kV 配電系統에서는 一般的으로 200~300Hz가 가장 적합한 것으로 判明되어 이 범위의 周波數가 採擇되고 있으며 그 信號符號 方式으로서는 單一周波의 펄스코드(pulse code) 方式이 가장 많이 使用되나 이 以外에 2周波單一펄스辨方式, 1周波單一펄스辨別方式(長短펄스 및 timer 併用) 및 單一周波 位相 shift方式等 各種方式이 開發되고 있으며 pulse는 1~20Hz의 좁은 波帶(Band)가 使用된다. Ripple制御信號의 注入은 配電用 變電所의 6.6kV 母線에서 행하며 大部分이 3相線間注入方式이 採用되고 있으며 一部에서는 單相線間注入方式 및 中性點注入方式이 採用되고 있다.

또 制御信號의 線間注入方式에는 並列注入方式과 直列注入方式이 있으며 信號注入 效率는 並列注入方式의 경우는 信號周波數를 注入點의 共振周波와 一致시킬 때 最大로되고 直列注入方式의 경우에는 300Hz 以下로서 商用周波數에 가깝을 수록 좋게 되며 보통 높은 周波數를 使用時는 並列線間注入方式이 效果적이다. 더욱 信號注入點이 同一變電所 그 Bank의 경우 그 Bank 同時注入方式과 結合裝置切替注入方式이 취하여 지고 있다. 信號注入電壓은 母線電壓의 1~2%정도가 採用되고 있다.

制御系統은 制御指令裝置, inverter와 結合裝置로부터 構成되어 있고 制御指令裝置는 配電系統을 管轄하고 있는 곳에 inverter와 結合裝置는 配電用變電所에 各各 設置된다. 制御指令裝置는 對象機器의 制御時刻이 定時일 경우에는 自動定時 送信되고 그외에 경우에는 手動操作토록 되어 있다.

4. 開閉器遠隔制御와 組합한 自動配電시스템

複雜화된 配電線의 運用에 對應하기 위하여 故障檢出, 業務處理機能을 一拮集約한 自動 配電方式으로서 프로그램制御方式 및 小形 電子計算機의 開閉器制御를 組합한 配電線 電算機制御가 實施되고 있다.

4.1 프로그램制御

이 方式은 多回線 loop 高壓線에 있어서 故障發生時 遠方監視制御裝置를 프로그램 制御裝置에 의해 制御해서 故障區間の 除去 및 健全區間에의 逆送을 미리 設定된 프로그램에 따라서 行하도록 하는 方式이다. 프로그램制御의 裝置는 大別해서 中央裝置와 現場裝置로 區分되고 中央裝置는 子局을 制御하는 프로그램 制御裝置, 制御卓과 遠隔制御裝置로서 構成되고 또 現場裝置로는 變電所에 設置된 配電線遮斷器의 監視 및 故障種別을 判別하는 被監視裝置와 柱上에 設置한 被監視裝置로서 構成된다. 프로그램制御는 配電線에 故障가 發生하면 變電所의 遮斷器는 [切]로 되고 프로그램制御裝置는 이 [切] 信號에 의하여 始動狀態로 되고, 그 동안에 柱上開閉器는 自動적으로 [切] 狀態로 된다. 다음 遮斷器가 再開路되면 [入]信號를 受信해서 順次 柱上開閉器에 [入]信號를 주어 投入되어 간다. 이 동안에 遮斷器가 다시 遮斷하면 故障區間이 判定될 수 있기 때문에 故障點 以後의 健全區間에 逆送함과 동시에 變電所 遮斷器의 再開路 準備를 한다. 이와 같이 하여 故障區間을 除外한 健全區間은 모두 自動적으로 順逆送이 行하여진다.

4.2 送電線 電算機制御

配電線의 運用은 일단 基準을 定해서 運用한다. 그러나 災害에 의해 많은 故障가 發生時 혹은 變電所 事故時에는 보다 迅速한 運用을 必要로 하나 사람에 의한 迅速 適正한 判斷이 곤란해진다. 그러나 電算機는 配電線의 系統構成, 連系狀況, 設備容量, 負荷狀況을 파악함에 의하여 주어진 프로그램에 따라 融通操作等의 業務를 各裝置에 指令을 주어 迅速히 處理할 수 있다. 電算機에 의한 自動化 業務內容으로는 ① 故障區間檢出과 事故處理, ② 作業停電處理, ③ 事故 또는 作業終了 區間에 대한 復元處理, ④ 區分負荷의 推定, ⑤ 時刻推移에 의한 負荷變化의 豫測, ⑥ 停電實績, 開

閉器操實績, ⑦ 各種 data 記錄等的 報告書 作成等을 들 수 있으며 電力設備의 效率의 運用을 위한 合理的인 負荷管理 등을 들 수 있다.

5. 配電線自動化的 將來

配電線自動化的 對象과 方法에 關係서는 以上 記述한 바와 같이 여러가지 段階가 있고 여러가지 方式이 試驗實施 및 實用化的 信賴性에 關係하여 檢討되고 있다. 自動化를 생각할 경우 配電系統의 機器의 狀態表示만으로는 그 總合效果는 期待할 수 없으며 機器의 遠隔操作이 行하여 질 수 있는 것이 要望된다. 그 一段階로서 적어도 關聯機器의 狀態表示는 管割部所(配電司 庫 또는 保守센터)에 監視할 수 있도록 하여야 한다.

配電線의 遠隔對象으로서는 ① 信賴度向上을 目標로 하는 高壓機器 ② 深夜負荷造成을 위한 深夜電力利用의 特定負荷制御 等을 들 수 있으나 앞으로는 ③ 合理的인 料金制度로서의 取引用 計器의 晝夜間切替 ④ 遠隔自動檢針等的 導入이 檢討되어야 할 것이다. 遠隔制御方式의 採用에 있어서는 물론 그 經濟的 評價가 가장 重要한 것이겠으나 業務의 合理化와 迅速處理, 信賴度에 對한 社會的 要求와 그 即應性等을 고려할 必要가 있다.

또 遠隔制御의 信號傳送路로서 配電線을 使用할 것이나 操作線方式으로 할 것이나 하는 것도 큰 問題中에 하나 이겠지만 配電系統은 變動이 쉽고 擴充速度도 매우 빠르다는 것 關聯된 諸業務(窓口業務, 保守, 復舊體制等)의 將來構想, 今後의 新規需用開發과 料金制度의 動向等을 充分히 고려할 必要가 있다. 그러나 人間이 中間에 介在하는 遠隔制御는 그 自身 限界가 있는 것이므로 理想的으로는 電算機制御나 低壓 Network 方式의 例를 보는 바와 같이 完全自動化를 最終의 目標로 하여야 할 것이다. 이와 같은 運用面의 目標로서는 ① 系統의 要所에 電壓監視計를 設置해서 이計量情報를 變電所에 Feedback해서 電壓의 自動調整을 行하고 ② 配電線에 事故 發生時 需用家의 문의에 自動的으로 答할 수 있는 프로그램의 設定等을 試圖하는 것도 바람직한 일이라 생각된다. 또 配電用 變電所의 設計運

用에는 이들이 配電線自動化的에 即應할 수 있도록 배려를 要함은 물론 今後의 遠隔制御方向으로는 長期的인 視野에 입각해서 技術革新의 導入對象으로서 高低壓 機器 制御의 一元化가 가능한 方式의 確立이 非상히 重要한 것으로 생각된다.

6. 結 言

지금까지 日本, 유럽 및 美國 등에서 開發 實施되고 있는 配電線의 自動化技術에 關係하여 記述하였다. 이 配電線의 自動化 技術은 配電線의 故障區間 自動檢出 方式을 제외하고는 아직 우리나라에서 곧 適用 實施하기는 곤란하리라고 생각된다. 現在 우리나라의 配電系統은 1次(高壓) 및 2차(低壓) 配電線이 거의 모두 樹枝狀으로 되어 있어 供給信賴度가 낮은 편이며 配電線 自動化를 위하여는 우선 配電線 構成 自體의 檢討가 必要하다고 보며 配電用 變電所 역시 構內 變電室 space 等 여러가지 面에서 配電線 自動化를 위한 收容態勢가 未備하다고 생각되며 이의 實施를 위하여는 變電所 變電室의 全般的인 檢討가 必要하다고 본다. 그러나 우리나라도 이제는 전력계통이나 需用規模로 보아 信賴度向上 및 需用家의 Service 向上等을 위하여 配電線 自動化에 관한 研究檢討가 必要하다고 보며 新設 配電線路의 構成 및 配電用變電所의 設計時에는 配電線 自動化에 관한 고려와 檢討가 必要하다고 생각된다.

參 考 文 獻

- 1) 岩橋茂樹; “配電線의 自動化的 傾向” 電氣計算 Vol.35, 1967. 4, p.238~245.
- 2) 山口昇一郎; “配電線의 集中監視制御技術” 電氣計算 Vol.39, No.3, 1971. 4, p.25~33.
- 3) 山田重知, 荻野明雄; “負荷集中制御의 開發과 實施現況” Ohm誌 Vol.60, No.2, 1973. 2, p.61~65.
- 4) 川津清; “故障區間 自動檢出시스템과 其運用” 電氣計算 Vol.44, No.2, 1976. 9, p.32~36.
- 5) M. Granger Morgan, Sarosh N. Talukdar; “Electric Power Load Management” Proceeding of the IEEE Vol.67, No.2, Feb. 1979, p.241~312.