

# 日本에 있어서의 配電系統에 관한 研究의 現況과 將來

技術解説

山田重知\*

— 차 례 —

- 1. 配電電壓의 昇壓
  - (1) 絶緣設計
  - (2) 保護保安
- 2. 配電系統의 運所自動化
  - (1) 負荷集中制御
  - (2) 配電系統監視制御
- (3) 管理情報收集의 自動化와 自動檢針
- 3. 配電系統에 있어서의 高周波電流 및 電壓
  - (1) 高周波電流 및 電壓의 實測值
  - (2) 高周波에 의한 故障와 對策
  - (3) 앞으로의 研究課題

## 1. 配電電壓의 昇壓 (Raising Distribution Voltage)

日本の 配電供給電壓은 종래 高壓은 6.6kV. 低壓은 100V, 200V가 主體였으나 都市의 高密度化, 周邊部の 都市化, 郡部に 있어서의 각종 産業進出 또는 레저觀光基地化등 때문에 供給力의 不足 및 電壓降下가 過大해지는 配電線이 생겨 이 抜本의 打開策으로서 一次電壓의 22~33kV에의 昇壓이 檢討되고 一部地域에서는 實施되고 있으며 또 동시에 低壓電壓의 400V級에의 昇壓도 檢討되고 있다. 이 一次電壓의 昇壓에 따른 配電方式은 當面 過渡의 措置로서 既設 6.6kV 系統을 有効 稼働하게 活用하는 22~33kV/6.6kV 配電塔方式 또는 22~33kV 直接供給方式이 채용되어 왔으나 앞으로 22~33kV/低壓의 直接遞降方式이 채용될 氣運에 있다. 이 22~33kV配電, 그중에서도 특히 架空線에 관한 主된 技術의 成果와 問題點을 다음에 要約해서 설명해 보기로 한다.

### (1) 絶緣設計(Insulation Design)

22~33kV 架空配電系統은 架空線과 케이블이 同一 系統에 混在하고 電壓은 20km정도로 線路도중에 變壓器가 常時接續되어 있으므로 開閉서어지의 樣相은 단순한 送電系統과는 서로 다른 것으로 된다. 또 環境調和라는 觀點에서 設備은 될수있는데로 縮少(Compact)化하고 싶다는 요청등 配電系統特有的 課題를 지니고

있기 때문에 絶緣設計의 종합적인 檢討가 필요하게 된다. 이에 대하여서는 현재 다음과 같은것이 밝혀지고 있다.

#### (i) 絶緣特性(Insulation Characteristics)

22~33kV 配電線의 狹線間裝柱를 施行하기 위한 相導體와 柱體間 및 各相導體間의 所要間隔을 명확하게 함과 동시에 絶緣電線(Insulation Wire)을 碼子로 직접 把持했을 때의 雷임펄스絶緣特性을 實驗的으로 검토한 結果 現用의 것으로는 被覆의 絶緣이 20~30%밖에 期待할 수 없다는 것을 밝혔다.

#### (ii) 誘導雷(Induced Lightning Surge)

22~33kV 試驗用配電線을 施設해서 近傍落雷時의 誘導雷를 관측한 結果 線路에 수 10단볼트의 誘導雷가 발생하고 그 誘導雷는 단순한 進行波(Traveling Wave)가 아니고 극히 近傍線路上에 誘導分布하게 되는 것이 라는것, 그리고 또 近傍落雷時에 避雷器(Arrester)는 先方放電(Prestroke)에 의한 誘導雷와 主放電(Mainstroke)에 의한 誘導雷의 兩者에 의해서 放電된다는 것이 밝혀졌다.

#### (iii) 開閉서어지(Switching Surge)

22~33kV 線路에 있어서의 開閉서어지의 實測과 상세한 解析의 結果 開閉서어지 最大倍數로서는 一般의 系統에서는 3.6배, 架空地中併用系統에서 電源의 서어지임피던스가 낮은 특별한 系統에서는 5.5배를 생각하면 實用的으로 충분하다는것이 밝혀졌다.

#### (iv) 콤팩트配電線(Compact Distribution Lines)

前項에서 설명한 開閉서어지이상의 극히 드물게 발생하는 過大開閉서어지 및 誘導雷서어지를 避雷器로

\* 日本電力中央研究所理事企劃部長・工博  
本稿는 1978年 7月 6日 電氣會館講堂에서 開催한 當學會電力系統研究會 第 3回 發表會에서 發表된 特別講演內容을 要約 收錄한 것이다.

保護한다는 방식에 입각한 콤팩트配電線에서는 標準雷  
임펄스絶緣耐電壓(종래 BIL로 표현되어온 값)은 22kV  
系에서는 100kV, 33kV 系統에서는 150kV를 사용할  
수 있다는 것이 實證實驗결과 밝혀졌다.

이상으로 이제까지 얻어진 主된 成果를 중심으로 설  
명하였으나 앞으로는 誘導雷서지와 事故樣相과의 關  
連, 각종 機材 및 配電線의 耐雷性向上對策 등 雷害防  
止를 중심으로 絶緣設計를 검토해 나갈 豫定이다.

(2) 保護, 保安(Protection and Safety)

(i) 間缺地絡故障(Intermittent Ground Faults)

22~33kV 配電線에는 絶緣電線 및 架空케이블이 主  
로 채용되고 있지만 그들의 不良에 起因하는 間缺의  
地絡故障이 발생하는 수가 있다. 이와 같은 故障에 따  
른 歪波形樣相을 검토함과 아울러 國內各社의 트랜지  
스터形地絡方向繼電器의 動作試驗을 실시한 결과 一  
部를 제외하고는 良好한 性能이 檢證되었다.

(ii) 22kV 線路和 6.6kV 線路的 混觸事故(Contact  
Faults between 22kV Line and 6.6kV Line)

22kV 線路和 6.6kV 線路가 混觸하였을 경우 6.6kV  
線路의 對地電位上昇은 6.6kV 避雷器設置의 有無에 따  
라 달라지겠지만 6.6kV 避雷器가 설치되어있지 않을  
경우에는 5.2倍정도의 過電壓이 발생하게 되고 6.6kV  
避雷器가 설치되어 있을 경우에는 이것이 3.7倍정도의  
過電壓으로 된다는것이 밝혀졌다.

22kV 系統의 地絡方向繼電器의 混觸事故時의 動作은  
6.6kV 線路의 對地容에 따라 영향을 입어 充電電流가  
적을 경우(곧 線路가 짧은 경우) 不安定해 질수가 있  
다.

(iii) 22kV 線路和 低壓線과의 混觸(Contact  
between 22kV and Low Voltage Line)

22kV 線路和 低壓線이 混觸했을 경우에는 低壓線에  
等 2種接地抵抗이 있기 때문에 對地電位上昇은 규정치  
(300V 또는 750V)에 억제되고 22kV系의 地絡方向繼  
電器는 選擇動作을 확실하게 수행할 수 있다는 것이  
밝혀졌다.

이상이 이제까지 얻어진 主된 成果이지만 앞으로는  
22~33kV/低壓의 直接遞降方式에 있어서의 퓨우즈,  
NFB 또는 需用家繼電器와 主繼電器의 保護協調를 비  
롯하여 保護方式의 品質評價에 대해서도 檢討해 나갈  
豫定이다.

2. 配電系統의 運用自動化(Automatic  
Operation of Distribution Systems)

設備規模의 增大에 따라 더욱더 복잡화하는 配電系  
統設備를 合理的으로 運用하여 良質의 電力供給을 위

한 安定性和 繼續性을 유지하기 위하여서는 自動化의  
역할이 점점 더 높아져 갈것이다.

따라서 配電自動化의 目的은 어디까지나 設備의 效  
율적사용, 供給支障의 輕減, 電力의 質의向上 및 勞力  
의 輕減등의 있으며 그 내용은 廣範多岐에 걸쳐 있지  
만 크게 나누어 본다면 負荷集中制御, 配電系統監視制  
御, 管理情報收集의 自動化, 自動檢針으로 나누어진다.

(1) 負荷集中制御(Load Centralized Control)

負荷集中制御는 電氣設備의 利用率向上을 目的으로  
해서 負荷의 時間的, 季節的, 地域的인 均衡化를 꾀하  
고 負荷率을 높이기 위한 것이다. 구체적으로는 電氣  
溫水器, 蓄熱式暖房器, 로오트레이팅 및 尖頭負荷의  
시프트(移行)에 대한 制御를 하는 것이다.

이것들은 종래 타임스위치가 主로 사용되어 왔었  
으나 이와같은 負荷가 증대해가면 信賴性과 經濟性의 關  
점으로부터 負荷開閉를 集中的으로 수행하는 負荷集中  
制御方式이 有利해진다.

이 負荷集中制御方式으로서는 配電用變電의 2次側母  
線에 信號를 注入하는 립플콘트롤(Ripple Control) 方  
式이 가장 널리 사용되고 있으며 現在 약 15,000대 가  
량의 受信器가 설치되고 있다.

이 립플콘트롤方式에 관한 技術의研究成果와 問題點  
을 아래에 설명한다.

(i) 信號注入點의 임피던스特性(Impedance Char-  
acteristics at Point of Signal Injection)

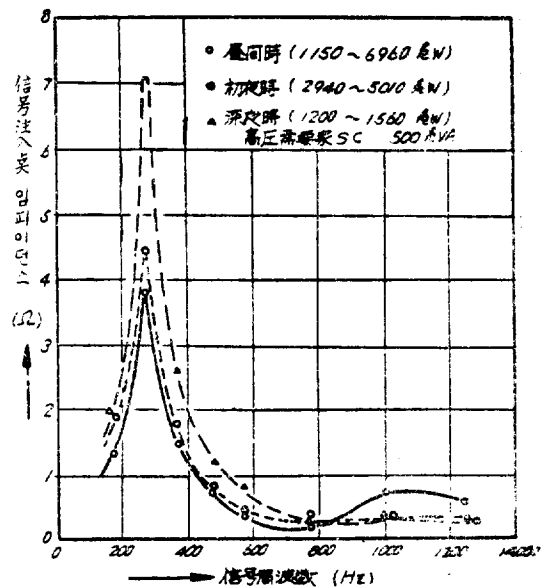


그림 1. 信號注入點임피던스 特性例

注入點 임피던스는 電源側과 配電線側의 자 임피던스의 並列合成値로 된다.

이 合成値는 그림 1의 代表的인 特性例로 보는 바와 같이 거의 300Hz 부근에서 最大로 되고있다.

(ii) 高壓配電線의 信號電壓分布(Signal Voltage Distribution on High-Voltage Distribution Line)

高壓配電線의 信號電壓分布는 일반적으로 信號周波數가 400Hz 이하에서는 信號電壓傳送比는 0.8 이상이지만 400Hz 이상으로 되면 콘덴서 負荷와 線路리액턴스의 共振現象 때문에 信號電壓傳送比가 상당히 변동하게 된다.

(iii) 柱上變壓器의 信號電壓降下(Signal Voltage Drop of Pole-mounted Transformer)

柱上變壓器의 信號電壓降下는 負荷特性에 따라 달라지겠지만 일반적으로 信號周波數가 300Hz 이하에서는 信號電壓變動率은 2.0% 이내이다.

(iv) 雜音電壓

高壓配電線의 雜音電壓은 일반적으로 電壓波形歪에 의한 低次的 奇數調波外에 텔레비 負荷등으로부터 발생하는 偶數調波가 低次로부터 高次に 걸쳐 거의 均등하게 含有되고 있지만 整數調波의 中間의 周波帶에서는 비교적 적다.

(v) 信號周波數의 選定(Signal Frequency Selection)

이상의 사실들로부터 信號周波數로서는 50Hz 系統에서는 300Hz이하, 60Hz 系統에서는 360Hz 이하로 整數調波이외의 周波數를 선정하는것이 바람직하다.

(vi) 送信機容量(Transmitter Capacity)

配電線의 모든 地點에서 配電電壓의 1% 이상의 信號電壓을 얻기 위하여서는 그림 2에 보인바와 같은 信號注入電力이 필요하다.

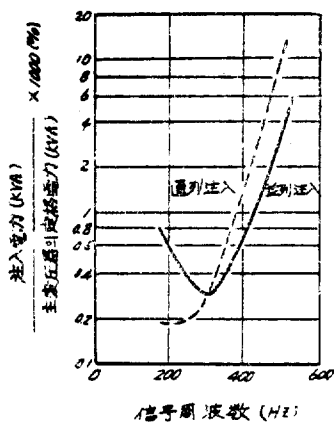


그림 2. 配電線各點의 信號電壓이 1% 이상으로 되는데 所要되는 信號電力

이것으로부터 結合裝置의 損失까지 고려해서 送信機出力容量을 求해보면 配電用變電所의 主變壓器容量의 1/1000정도면 實用上으로도 충분할 것이다.

이상 配電用變電所로부터 負荷集中制御에 있어서의 研究成果를 설명하여 왔으나 앞으로는 制御對象規模의 擴大에 대처하기 위한 設備費, 設置스페이스, 運用面에서 有利하게될 66~77kV系의 信號注入方式의 檢討를 해나갈 예정이다. 특히 日本의 66~77kV系에는 電壓調整을 위한 進相콘덴서가 설치되어 있기 때문에 이것 때문에 傳送特性이 대폭적으로 변화하고 着信레벨도 변화하므로 이의 對策이 앞으로의 큰 課題가 되고 있다.

(2) 配電系統監視制御(Supervisory Control in Distribution Systems)

일반적으로 配電系統은 供給信賴度의 向上을 目的으로 해서 多分割多連系方式, 곧 Openmesh가 채용되고 區分開閉器, 連系開閉器가 多數시설되어 있으나 이들 開閉器는 일반적으로 機器自體의 時限機構에 의해서 制御되거나 또는 現場에서의 手動操作에 의존하고 있다. 그러나 操作의 高速化, 信賴性 및 適切化라는 觀點에서 信號線 또는 配電線搬送方式에 의한 開閉器의 監視制御方式이 開發檢討되고 一部에서 實用내지 試驗의 實施가 이루어지고 있다. 특히 供給信賴度 및 Feeder 이용율의 向上을 한층더 높이기 위하여 中央에 電子計算機를 導入해서 運用操作하게 되는 이른바 配電系統 計算機制御方式이 實用될 氣運에 있다. 이 방식은 事故發生에 따라 故障檢出, 故障區間分離, 健全區間에의 逆送의 最適化를 自動적으로 수행한다는 方式으로서 그 概要는 다음 機會에 설명하겠다.

이 問題의 앞으로의 課題로서 計算機監視制御에 필요한 적절한 入力情報(主로 潮流推定), 制限規模의 擴大에 대한 逆送處理方式의 簡便化, 더 나아가서 負荷集中制御 및 後述하는 自動檢針을 포함하는 管理情報의 自動收集등의 다른 自動化項目과의 協調를 檢討할 필요가 있다.

(3) 管理情報收集의 自動化와 自動檢針(Automated Collection of Management Information and Automatic meter Reading)

配電系統의 電壓電流를 收集하고 이것에 의거해서 配電線路設備를 管理하는 業務 및 需用家の 電力量計의 값을 읽어가지고 이것에 의거해서 電力料金を 산출하는 業務등을 自動化한다는것은 業務信賴度의 向上내지 省力化라는 觀點에서 커다란 課題로 되고 있다. 이들의 基本이 되는것은 多量의 需用家端情報를 수집해

서 적절하게 處理할 수 있는 方式을 開發해 낸다는 것이다.

前者의 情報의 自動收集方式에는 信號線方式 또는 配電線搬送方式이 있으나 當所에서는 主로 配電線搬送方式을 中心으로 檢討하고 있다.

이 方式은 低壓線의 情報 또는 開閉器의 狀態情報를 柱上變壓器의 2次側에 설치된 中繼局에 기록시키고 이 記錄情報를 適當한 時間間隔으로 高壓配電線을 거쳐서 變電所 營業所에 傳送하는 中繼點엔코더(Encoder) 方式이다. 이 方式에 관한 成果를 現場實測結果로부터 要約해 보면 高壓線의 傳送으로서는 電壓傳送到에 의한 電壓傳送폭이 有利하게 되고 信號周波數로서는 500~600Hz 이하이면 傳送比는 0.8 이상이 얻어진다. 그러나 실제로는 高調波雜音이 존재하기 때문에 整數調波帶는 피하는것이 바람직하다.

低壓線의 傳送으로서는 傳送損失 및 雜音이라는 観点에서 電流펄스傳送方式이 實用的으로 된다. 이 경우 펄스發生位相은 雜音이 적은 0° 및 180°에 선정하는것이 소망스럽다는것이 밝혀졌지만 앞으로는 데이터傳送的 高信賴度化와 高速化에 대해서 檢討해 나갈 예정이다.

### 3. 配電系統에 있어서의 高調波電流 및 電壓 (Harmonic Currents and Voltages in Distribution Systems)

近年 사이리스터 등의 半導體를 이용한 機器가 普及함에 따라 配電系統의 高調波電流 및 電壓에 의한 故障이 증가되어 가고있다. 이 경향은 앞으로도 더욱더 커질 것으로 예상되기 때문에 日本의 各 電力會社에서는 配電系統에 포함되는 高調波에 許容限度值를 둘러 고하는 움직임이 있으며 高調波의 實測을 개시해서 支障의 實例등을 調査研究하기 시작하고 있다. 以下 各 단히 그 一部를 소개해 본다.

#### (1) 高調波電流 및 電壓의 實測值表 (Measured Values of Harmonic Currents and Voltages)

表 1 및 表 2에 配電線의 高調波電流 및 電壓의 實測值를 보인다(16개소의 配電線에서의 平均値로 나타낸 것이다).

이들의 값은 實測한 配電線의 平均의인 값인 것이며

表 1. 高調波電流實測值

高調波次數	含有率 (%)
3	1.3
5	5.0
7	1.6

表 2. 高調波電壓實測值

高調波次數	含有率 (%)
3	0.5
5	1.0
7	0.4

개중에는 回路共振에 의해서 1.0를 넘는 高調波電流가 實測된 配電線도 있었다.

#### (2) 高調波에 의한 支障과 對策(Countermeasures for Harmonic Interference)

##### (i) 通信線에 미치는 雜音電壓

(Noise Voltage affecting Communication Lines)  
日本의 配電方式의 대부분이 3相 3線式非接地方式이기 때문에 通信線에 미치는 雜音電壓에 의한 支障은 거의 없다.

##### (ii) 力率改善콘덴서의 過熱(Overheating of the Capacitor for Power Factor Improvement)

현재 가장 많이 발생하고 있는 支障이다. 거의가 回路共振에 의해서 콘덴서에 過大한 高調波電流가 흐르기 때문에 발생하고 있다. 그 高調波의 發生源에는 整流器가 많다. 최근의 整流器는 12相이라던가 24相等多相整流回路를 사용하는 수가 많기 때문에 支障을 미치는 高調波次數도 高次的 例가 많다.

##### (iii) 립플콘트롤方式의 誤動作

###### (Fault Operation of Ripple Control)

日本에서는 負荷制御등에 립플콘트롤方式을 채용하는것이 一般的인 추세로되고 있으며 현재 實用에 가까운 段階에까지 研究開發되고 있다. 이 方式에서는 受信側에서 高調波에 의한 誤動作이 발생하지만 信號周波數의 選定등에 留意하므로써 高調波에 의한 誤動作을 어느정도 防止하고 있다.

##### (iv) 기타(Other)

T.V, 라디오등 家電製品에 支障을 미치고있는 事例가 있는 外에 특별한 경우로서 短絡保護에 사용되는 逆相電流繼電器의 誤動作이나 誘導電動機의 損傷등 等 調波로 代表되는 逆相分高調波電流에 의한 支障도 發生하고 있다.

##### (v) 對策(Countermeasures)

위에서 본바와같이 高調波에 의한 支障의 대부분이 回路共振에 의해서 異常的으로 過大하게 된 高調波에 의해서 發生하고 있다. 따라서 이들의 支障을 방지하기 위한 對策으로서는 高調波發生源에 필터(Filter)를 設置하는 등의 方法이 一部에서 實施되고 있지만 대부분의 경우에는 系統構成을 변경해서 共振에 의한 高調波의 增加를 억제하는 方法을 많이 쓰고 있다.

(3) 앞으로의 研究課題

(Subjects for Future Research)

日本에서의 高調波에 관한 研究는 아직 日淺해서 앞으로 더욱더 實態調査를 비롯해서 基礎的인 연구를 추진해나갈 필요가 있다. 구체적으로는

(i) 配電系統에 있어서의 高調波의 實態調査

(ii) 高調波否有率과 支障과의 關係檢討

(iii) 配電系統에 있어서의 高調波電流 및 電壓의 豫測 計算프로그램의 開發

(iv) 配電系統에 있어서의 高調波許容限界值의 檢討 등의 調査研究가 豫定되고 있다.

會 員 消 息

■ 金星計電株式會社(代表理事 尹煜鉉) 事務所 및 電話番號變更

舊住所: 서울特別市 中區 陽洞 282 럭키빌딩

Tel : 22-7101~3

⇒新住所: 서울特別市 中區 忠武路 3街 60-1. 극동빌딩

Tel : 260-4140~9

■ 國際電氣企業株式會社(代表理事 梁在港) 本社 및 電話番號變更

舊住所: 서울特別市 鍾路區 堅志洞 68

Tel : 72-0145

⇒新住所: 서울特別市 道峰區 孔陵洞 183

Tel : 43-2151~5

■ 信一產業株式會社(代表理事 金德鉉) 本社 및 電話番號變更

舊住所: 서울特別市 道峰區 孔陵洞 19-8

Tel : 43-2115~9

⇒新住所: 서울特別市 中區 忠武路 3街 60-1. 극동빌딩

Tel : 260-3300~9