

# 電氣의 質 향상에 대한 조사연구

## 3

元 峻 喜

전 한국전기연구소 서울사무소장

### 5. 制度的 改善方案

前章까지 調査研究한 내용들을 살펴보면 制度的 改善方案을 기술하여 보면 다음과 같다.

#### 가. 豫防整備體制的 定着

그동안 우리는 “設備事故는 避하기 힘들다”라는 思考方式에 젖어서 “無事故”라는 것은 생각하기가 어려웠다. 그렇다고 그러한 상황이 반드시 미래에도 그래야 할 필요는 없다.

設備事故의 防止는 무엇보다도 事故停電이 발생하기 전에 缺出 제거하는 豫防整備體制的 定着이 중요하다. 이는 사회적 물의를 야기시키는 不時停電을 근절하고 系統의 年間 無事故 運轉體系를 整頓함을 목표로 한다. 이를 위하여 투자우선순위에 의한 脆弱個所를 집중 豫防整備하고 신속한 복구체제로의 運用을 확립해 나가야 한다. 효율적인 豫防整備체제의 정착을 위하여는 계획단계부터 내실을 기하도록 하고 整備完了後에도 이를 綜合評價하여 미흡한 부분은 次期 豫防整備時에 반영토록 管理體制를 강화해 나간다. 주요기기에 대하여는 비파괴검사 등을 수시로 시행하고 사용빈도가

높은 老朽設備는 精密點檢을 실시하여 脆弱部分을 보강하여야 한다. 또한 電力의 安定供給에 있어서 추가되는 變壓器 등은 信賴度向上을 위하여 OT를 주기적으로 측정하여 可燃性 가스 現저히 증가할 경우 현장 또는 제작소에서 内部 精密點檢을 실시하여 絶緣불량, 층간다락, 捲線容斷 등 각종 사고를 미연에 방지한다.

그리고 효율적인 豫防整備 體制的 정착을 위해서는 사고발생전에 기자재의 劣化狀態를 진단하여 불량 개소의 摘出로 効果적인 整備를 할 수 있는 設備診斷 裝備의 개발이 뒤따라야 할 것이다.

향후 診斷裝備의 運用은 현재 사용중인 不良碍子 檢出器, 赤外線 溫度測定器 등을 적극 활용하고 赤外線카메라(측정대상물의 상태를 赤外線으로 진단), 可視카메라(측정대상물의 상태를 육안으로 볼 수 있도록 촬영), 컨트롤러(赤外線카메라의 電氣信號를 溫度로 변환하여 熱畫面 處理), TV모니터(赤外線카메라 및 可視카메라의 映像을 TV 화면으로 표시), 리모컨(赤外線카메라 및 可視카메라의 방향, 초점 등을 遠隔調整) 등이 장착된 綜合 設備診斷車輛을 개발 운용토록 하여 신속 정확한 無停電診斷을 실시함이 바람직하다.

## 나. 配電設備의 現代化

그동안 우리나라의 電力事業은 供給力에 대한 과부족 현상의 반복으로 需要充足을 위한 電源開發에 비중을 많이 둬으로써 電力輸送部門의 現代화를 위한 시설투자는 상대적으로 미흡하였던 것이 사실이다. 따라서 送配電設備投資도 증가하여 電氣의 質을 더욱 향상시켜야 하겠다. 우리나라의 대도시는 급속한 經濟成長과 中樞管理機能의 과도한 집중으로 過密化 현상이 나타나 이에 대한 폐해가 잇따르고 있다. 그 첫째로 送變電設備의 시설 또는 증강에 필요한 用地求得難에 의한 供給力不足이 발생할 수 있고 둘째로 都市部의 負荷密度가 수십 MVA/km<sup>2</sup> 이상이 되면 架空配電線과 柱上에 설치된 配電設備만으로는 供給이 불가능하며 셋째로 過密地域에 시설되어 있는 架空配電設備는 集中化가 불가피하다.

送變電設備의 用地確保對策으로 多回線送配電線의 채용, 公共用地的 이용, 共同溝의 추진, 長期計劃時 都市計劃과의 협조 등을 실시하여야 하며 配電系統의 供給信賴도를 향상시키기 위하여는 配電系統의 地中化 및 事故回線の 自動分離와 健全回線の 自動轉換機能을 갖는 配電系統을 구성하여야 한다. 그 방법으로 Network 配電方式과 配電自動화를 들 수가 있다.

### (1) Network 配電方式의 採用

Network 配電方式은 4의 가. (1)의 高信賴性 配電方式에서 說明한 바와 같이 同一 變電所를 電源으로 하는 2회선 이상의 高壓 또는 特高壓의 Network 配電線으로부터 受電하는 2대 이상의 配電用變壓器(Network 變壓器라고 칭한다)의 2차측을 Network Protector라고 부르는 각종 動作責務를 가진 일종의 自動遮斷器를 개입시켜 병렬로 접속하여 配電하는 방식으로서 이 방식은 1회선의 Network 配電線이 停電된 경우, 停電된 回線の Network Protector가 健全回線으로부터 母線을 통하여 變壓器 1차측에 逆流하는 電流를 檢知하여

自動적으로 차단한다. 이에 의하여 이 回線에 접속된 모든 Network 變壓器는 2차회로에서 분리되고 他回線으로부터 供給이 계속되므로 無停電供給이 확보된다. 그리고 Network Protector는 Network 配電線의 事故가 복구되어 線路가 再充電되면 自動적으로 投入되는 기능을 가지고 있다.

Network 配電方式은 一般低壓需用家에 供給하기 위하여 전력회사가 Network機器를 設置하는 Regular Network方式과 大需用의 Building 등을 대상으로 Network 配電線으로부터 직접 受電하여 需用家가 Network機器를 설치하는 Spot Network方式으로 大별할 수가 있다.

### (2) 配電自動化的 推進

高度情報化, 高度技術化 사회로의 발전에 따라 점점 巨大化, 複雜化되는 配電系統에 대하여 設備形成面에서의 확충, 개량만이 아니라 配電線路의 보수, 운용의 自動化推進으로 供給信賴도를 향상시키고 設備運用을 효율화하고 보수를 능률적으로 시행하는 것이 중요한 과제로 대두되고 있다.

配電系統의 自動化범위는 線路開閉器의 監視·制御로부터 需用家機器의 自動化까지 그 내용은 다양하고 광범위하다. 配電系統의 自動化를 사용 목적별로 분류하여 보면 다음과 같다.

- (가) 電力供給信賴度, 設備利用率의 향상을 목적으로 한 配電線路機器의 監視·制御
  - (나) 負荷電流, 事故情報의 수집 등을 목적으로 한 配電管理情報의 自動수집
  - (다) 負荷率의 향상 등을 목적으로 한 負荷集中制御
  - (라) 使用電力量을 遠方計測·調整하는 自動檢針
- 외국에서 채용하고 있는 현황을 보면 配電線路機器의 監視·制御는 주로 開閉器의 自動化가 채용되고 있는데 開閉器 操作은 작업원이 현장에 출동하여 시행하기 때문에 사전준비나 현장출동에 시간이 소요되는데 開閉器를 遠方에서 自動操作함으로써 停電時間을 단축시킬 수 있다. 配電管理情報의 自動수집은 配電電壓, 負荷狀況, 事故情報 등의 필요한 Data를 자동적으로 수집하는 것으로서 情報의 卽應化, 精度向上에 따른 設備運用效率, 投

資效率의 향상 등을 목적으로 하고 있다. 수집하는 情報로서는 變電所의 遮斷器, 保護 Relay의 狀態情報, 配電線電流, 電壓, 區間電流, 相狀態 등의 計測情報, 電源側이나 配電線의 事故情報, 配電線 開閉器의 On-Off情報 등을 들 수 있다. 負荷集中 制御는 근래 냉방수요의 증가로 電力需要의 夏期 Peak의 尖銳化가 심해지고 年負荷率이 저하되고 있어 設備綜合效率化의 觀點에서 夏期の 晝間外의 時間대에 電力需要를 증가시켜 負荷의 平準化를 기하는 일이 중요하다. 負荷集中制御 System으로 配電線搬送方式이나 通信線方式을 이용한 것들이 일부에서 적용되고 있다. 自動檢針은 電力量計의 檢針作業을 자동화함으로써 효율적인 운용에 크게 이바지할 수 있다.

그런데 Cost Merit의 觀點에서 線路機器의 監視·制御와 配電管理情報의 自動수집을 組合한 配電線自動化 System이 널리 실용화되고 있다.

우리나라에서는 配電自動化 System의 國產開發을 위하여 한국전기연구소를 중심으로 6개의 중견기업체가 참여하여 '91년부터 '93년까지 KODAS(한국형 配電自動化시스템)의 1단계 개발을 완료하였는데 앞으로 實系統 實證試驗을 통하여 運用效果를 분석하고 점진적으로 확대시행함으로써 System의 國산화 및 표준화를 도모하고 配電綜合自動化 System을 추구하여 나가야 할 것이다.

#### 다. 設備事故 原因의 研究

瞬間事故나 永久事故를 불문하고 모든 결함은 원인을 분석해 보는 것이 가장 이상적이다. 事故原因은 무엇보다도 철저히 분석되어야 하는데 責任所在문제 등으로 올바르게 밝혀지지 않는 경향도 무시할 수 없다. 현재 사고원인이 밝혀진 것보다 분석해야 할 設備事故도 많이 존재한다. 停電事故가 자주 발생하는 지역부터 분석을 시작하는 것이 바람직하다.

瞬間停電의 경우는 그 원인을 알기가 힘들며 그 分析裝備도 매우 적다. 따라서 瞬間停電의 原因分析에 이용할 技術도 개발하여야 한다. 분석의 중

요성은 왜 停電이 일어나는가에 대하여 이해하는데 있으며, 이해하고 나서야 그와 비슷한 停電의 재발을 방지할 수 있는 조치를 취할 수 있다. 原因分析에는 언제나 현장조사가 필요하며 停電原因分析 전문가도 필요하다.

#### 라. 配電工事的 無停電化 指向

高度情報化 社會로의 발전으로 電氣에 대한 依存度가 점점 높아짐에 따라 停電減少의 요구가 강력히 대두되어 配電工事라 해도 停電시키는 것이 허용되지 않는 현실에 있다. 先進外國의 경우는 作業停電이 극히 적으며 일본에서는 作業停電 Zero化 운동을 전개하여 作業停電이 Zero에 가까운 전력회사들이 많다. 우리나라의 경우는 3의 표 8에서 보는 바와 같이 作業停電이 全體停電의 80%를 차지하고 있는 것이 현실이다. 作業停電 감소 방법중의 하나인 無停電工法의 開發과 實用化가 중요한 현안 과제로서 대두되고 있으며 미국의 경우 대부분을 고무장갑을 착용한 直接活線作業과 Hot Stick을 사용하는 間接活線作業에 의존하고 있으나 일본은 이미 10여년전부터 無停電工法을 연구하여 최근 配電自動化와 함께 일본 配電分野의 핵심기술로 자랑하고 있다. 우리나라도 장기적이고 체계적인 無停電工法의 연구와 관련 機資材의 개발이 필요하다고 생각한다. 無停電工法의 장점을 살펴보면 生産性의 향상, 夜間作業의 감소, 活線作業의 감소, 感電災害의 감소, 逆回轉 등 需用家機器의 被害감소 등을 들 수 있다.

일본의 九州電力(株)의 경우를 보면 4, 가(3)항에서 설명한 바와 같이 기동차工法, By-pass工法, 발전기工法 등을 채용하고 있다. 기동차工法은 수용가에게 送電한 채로 間接工法車와 假支持工法車를 組合시켜 작업하는 것으로서 電柱交替 등의 순간적인 無停電作業에 적용하며, By-Pass工法은 수용가에게는 공사용 Cable로 假送電하고 공사장소는 停電하여 作業者의 안전을 확보하는 방법이며 공사용 Cable 대신에 移動變電車가 사용되기도 한다. 발전기工法은 수용가에는 發電機로 假送電

하고 공사장소는 停電하여 작업자의 안전을 확보하는 방법이며 高壓配電線路의 端末 등에 적용된다.

## 마. 需用家에 停電補償機能附 電氣機器의 使用 勸奨

수용가에게도 瞬間電壓降下時에 수용가機器의 停止 또는 性能低下防止를 위한 대책을 권장할 필요가 있다. 그 대책을 살펴보면 다음과 같다.

### (1) Computer

無停電型 C.V.C.F 電源裝置(배터리附)가 없는 Computer는 10%~20% 이상의 電壓降下가 3~20ms 계속되면 計算ミス 등을 피하기 위하여 자동적으로 정지되는 System으로 되어 있다. 電力系統의 事故除去에 요하는 시간은 0.07~2초이므로 無對策 상태로 電力系統의 事故가 발생하여 電壓이 10~20% 이상 降下하면 Computer도 정지하게 된다. 대책으로서는 無停電型 C.V.C.F 電源裝置(배터리附)를 설치하는 것을 생각할 수 있다.

### (2) Magnet Switch

Magnet Switch는 Motor의 기동·정지시의 電源의 開閉 및 운전중인 Motor의 燒損防止를 위하여 많이 사용되고 있다. 50% 정도 이상의 電壓降下가 5~20ms 계속하면 Magnet Switch가 동작하여 Motor의 電源을 개방한다. 이 때문에 無對策 상태에서는 電力系統에 사고가 발생하여 電壓降下가 큰 경우에는 Magnet Switch를 사용하고 있는 각종 生産設備, 空調設備, Pump, Elevator 등은 정지하게 된다. 대책으로는 Magnet Switch를 遲延 釋放方式으로 변경하여 제품 및 기기 보호면에 영향을 미치지 않는 범위까지 電壓降下時의 Magnet Switch의 동작을 지연시켜 瞬間電壓降下時에는 동작시키지 않는 방법이 있다.

### (3) Thyristor 등을 사용한 可變速 Motor

Thyristor 등을 사용한 可變速 Motor는 Thyristor 保護를 위하여 20% 정도 이상의 電壓降下가

5~30ms 계속되면 정지하는 구조로 되어 있는 것이 있다. 대책으로서는 Motor의 制御方式을 瞬間電壓降下 對策附로 개선하는 방법이 있다. 그 방법으로는 Motor의 制御方式을 電壓降下時에 Thyristor順變換器(컨버터) 또는 逆變換器(인버터)를 Lock 상태로 하고 電壓이 복구되었을 때 자동적으로 正常運轉에 들어가는 瞬間電壓降下 對策附로 하는 방법이 있다.

### (4) 짧은 時限의 不足電壓 繼電器를 설치한 受電設備

제품 및 기기 보호면에 영향을 미치지 않는 범위까지 不足電壓 繼電器의 動作 整定時間을 연장토록 한다.

### (5) 瞬間電壓降下에 민감한 電氣機器에 緩衝機器 設置

緩衝機器는 瞬間電壓變動의 영향을 감소시켜주는 것으로서 각기 설치장소에 따라 거기에 필요한 緩衝機器는 상이하다. 수용가는 緩衝裝置의 가격과 성능에 대해서 뿐만 아니라 緩衝裝置의 受電電力의 특성과 신뢰도에 대해서도 잘 알아야 한다. 이와 같은 여러 가지 사항을 근거로 하여 사용하려는 緩衝機器를 선택할 수 있다. 緩衝裝置의 예와 瞬間電壓變動에 대한 克服 能力에 살펴보면 다음과 같다.

#### (가) 過渡電壓 抑制器

固體型 過渡電壓 抑制器가 短時間(약 25ms)의 큰 瞬間過電壓을 극복하는데 사용된다.

#### (나) 線路電壓調整器

이 調整器는 定格에서 一定電壓을 유지한다. 그러나 이 調整器는 短時間(약 100ms)의 瞬間電壓變動 발생시에 이를 극복할 수 있도록 역할을 하게 된다.

#### (다) 電動-發電機세트(M-G세트)

M-G세트는 回轉플라이·휠에 저장하였던 에너지를 공급하여 주는 장치이다. 어떤 M-G세트는

약 1/3초에서 1초가 되는 짧은 停電時에 이를 극복할 수 있다. 어떤 M-G세트는 거기에 사용된 플라이·휠의 크기에 따라서는 상당히 긴 시간의 電壓降下도 극복할 수가 있는 것이다.

#### (라) 無停電電源裝置(UPS)

이 裝置는 M-G세트의 장점을 모두 갖춘 외에 Battery의 容量에 따라서는 보다 긴 克服時間을 지속시킬 수 있다. 전형적인 UPS裝置는 電源側 停電時에 15분간의 電力供給能力을 가지고 있다.

### 바. 國產機資材의 品質向上 誘道

國產機資材의 品質을 향상시켜 事故停電을 미연에 방지하여야 한다. '92년도 配電線路事故 1,390건 중에서 219건이 機資材불량으로 인한 사고로서 약 16%를 점유하고 있으며 需用家設備로부터의 事故波及 118건 중 약 15%가 MOF 등 機資材 不良事故로 되어 있다. 이는 국내 제조업체가 외국 업체보다 역사가 짧고 제조기술상의 Know-How 축적이 빈약한 데도 원인이 있다고 하겠다. 우리나라는 무엇보다도 중전기공업을 육성 발전시켜 국제경쟁력을 강화하여야 한다. 우리나라는 電氣機器 製造用 原資材나 中間材 중에서 絶緣物, 接點材料, 高速베어링 및 軸材 등을 輸入에 의존하는 경향이 있다.

이것은 金屬電氣材料工業의 基礎基盤이 취약하기 때문으로 이에 따른 製品原價上昇이 製品의 국제경쟁력 약화에 직결되니 만큼 이 부문을 육성하여 國產化 基礎를 수립하는 것이 중요하며 또한 電氣機資材를 개발하여 性能保障을 위한 開發試驗에 合格하면 그 國產品을 義務적으로 사용하여야 할 立場에 있다. 우리나라의 電氣機資材 品質은 그동안 많이 향상되었다. 그러나 先進國水準에 비하여 그 品質은 미흡하여 그 向上對策이 요청된다.

#### (1) 生産施設의 現代化

既存工場의 Layout 개선, 生産方式의 機械化 및 自動화가 강력하게 추진되어야 한다. 電氣機資材

를 개발하면 性能保障을 위한 정밀한 開發試驗을 받게 되는데 이에 합격하면 납품시마다 檢收試驗을 하고 납품하게 된다. 生産方式이 機械化 및 自動化되면 정밀한 開發試驗 당시의 제품과 균일한 대량제품을 생산납품할 수 있는데 그렇지 못하면 생산제품의 均一化에 대한 信賴度가 저하된다. 그리고 工作機械의 專門化 및 加工能力을 제고하여 品質의 고급화에 노력하여야 할 것이고 각 機器別로 생산업체를 선정하여 專門化 및 系列化를 확대하고 경쟁의식을 고취시켜야 한다.

#### (2) 技術開發의 促進

技術開發基金을 확보하여 中小企業에 대한 技術指導를 강화하는 한편 제조업체와 연구기관의 共同研究를 확대 시행하여야 한다. 이는 제조업체에서 가지고 있는 製造能力和 연구기관이 가지고 있는 研究能力을 組合하는 것으로서 대단히 효과적인 방법이라고 하겠다.

현재 정부에서도 이 분야에 비중을 크게 두고 강력히 추진하고 있는 실정이다. 先進國의 경우를 보아도 有望中小企業을 선정하여 연구기관 등에서 開發支援을 적극적으로 실시하고 그 有望中小企業이 技術적으로 自立하게 되면 연구기관에서 점차적으로 손을 떼는 정책을 수행한 경우를 볼 수 있다.

#### (3) 製造業體의 品質保證 強化

事故機資材의 品質評價를 철저히 하여 事故多發 기자재 품목에 대하여는 瑕疵期間을 연장하고 平均瑕疵率이 2배 초과시는 그 업체의 納品物量을 減縮한다든지 제조업체별 製品 不良內譯을 관련업체 및 資材購買部署에 통보하는 것도 品質向上 유도의 방법이라고 할 수 있겠다.

### 사. 電氣品質向上 運動의 展開

정부에서도 최근에 電氣品質向上을 위한 三無運動(無停電, 無變電壓, 無變周波數)計劃을 발표하고 있지만 이에 대한 적극적인 참여와 협조 및 성과평가로 電氣의 質 향상을 기하여야 할 것이다.

## 아. 電力事業 關聯者間的 合理的인 役割 分擔

電力事業에 관련된 당사자간의 역할을 합리적으로 분담하여 각자 자기가 맡고 있는 역할을 충실히 이행하고 상호협조하여 나가고 政府機關과의 협조체제를 강화함으로써 電力供給 信賴度를 향상시키고 電力事業의 발전을 기하여야 할 것이다.

전력회사는 電力供給 信賴度향상을 위한 設備投資 및 補強으로 사고정전을 경감시키고 活線作業 및 無停電工法 등으로 作業停電 Zero화를 기하여 수용가에 양질의 전력을 공급하여야 한다. 電力機器 제조업체는 國產機資材 品質向上을 기하고 製造技術 개발에 노력하여야 할 것이다. 전기공사업체는 工事裝備 現代化로 作業 機械化體系를 조기 정착시키고 공사품질향상에 노력하여 부실공사로 인한 事故停電을 근절시키고 전기연구기관은 電力系統 및 設備 現代化에 대한 新技術開發과 電氣機器의 품질향상, 연구에 노력하여야 할 것이다. 수용가도 電氣品質向上에 협조하여 수용가소유 設備管理에 철저를 기하여 構內事故를 경감시켜 그 사고의 외부파급을 방지하여야 한다.

## 6. 結論

우리나라는 産業의 고도화와 고도정보사회로의 발전으로 高品質, 高信賴性의 電氣供給이 요청되고 있다. 電氣의 質이 그동안의 꾸준한 설비투자 와 기술개발로 많은 향상을 가져왔으나 經濟規模 擴大에 따른 각종 設備自動化 및 事務自動化 등으로 精密機器 사용이 보편화됨에 따라 高品質의 電力供給을 위한 부단한 노력이 더욱 절실한 상황이다.

이를 위하여 發電設備投資와 送配電設備投資率을 조화있게 조정하여 脆弱設備를 대폭 보강하고 電力供給設備와 裝備를 現代化하여야 할 것이다. 우리나라의 電氣品質은 先進國水準에 비하여 停電時間이 크게 뒤지고 있다. 停電時間이 많은 것은 作業停電이 主要因이므로 活線作業의 확대 및 無

停電工法의 개발을 추진하여 作業停電의 Zero화에 노력하여야 할 것이다.

정부에서도 최근에 電氣品質 향상을 위한 三無運動(無停電, 無變電壓, 無變周波數)計劃을 발표하고 있지만, 전력사업 관련자의 합리적인 역할분담으로 電氣의 質 向上에 대한 적절한 長期發展計劃을 수립하고, 전력회사, 전기기기 제조업체, 전기공사업체, 전력연구기관, 수용가의 協調體制를 강화함으로써 停電과 電壓, 周波數變動을 극소화시켜 2000년대에는 電力供給信賴度를 最高級水準으로 향상시켜야 할 것이다.

## ==== 參 考 文 獻 =====

- (1) 電力系統의 長期展望과 運用戰略에 關한 研究, 한전기술연구원 KRC-85S-TO5.
- (2) 高信賴性 配電系統에 關한 研究, 한국전기연구소, 1988.
- (3) 配電系統의 瞬間電壓降下對策에 關한 研究, 한전기술연구원 KRC-85S-TO4.
- (4) 전력계통에서의 EMI현상, 전기학회지 Vol.41, No. 7, 1992.
- (5) 전원방해(PLD)현상과 기술동향, 전기학회지, Vol. 38, No.9, 1989.
- (6) 전기설비의 고조파 발생원인과 대책, 전기기사, 1994. 4월호.
- (7) 경부고속전철용 전력공급의 비용 절감방안 연구, 한국전기연구소, 1992.
- (8) 電氣年鑑, 대한전기협회, 1994.
- (9) 전기기사 보수교육 교재, 1993.
- (10) 공무국의여행 귀국보고서, 한전 H-1-3, 1992.
- (11) 영업업무 처리지침, 한전, 1990.
- (12) 製鋼用 아크爐と 電力供給に關する 最近の 動向, 電氣學會, 昭和 53年
- (13) EMC對策 テクニカル ガイド, 松下テクノリサーチ, 1990.
- (14) General Electric Distribution Data Book.
- (15) Westinghouse Electric Co. Distribution System Reliability Handbook.
- (16) Guidelines for Evaluating Distribution Automation, EPRI, 1984.

(연재 끝)