

# 變電機器의 豫測保全

## (5)

### 次期變電所에 있어서의 豫測保全과 監視制御 시스템

#### 1. 머리말

1980년대 이후 “變電機器의 豫測保全 시스템”에 관한 구체화 構築의 움직임이 활발하여졌고 1990년대에 와서는 各變電所에서 본격적으로 實用化가 추진되고 있다.

1975년경에 마이크로프로세서와 光通信이 新技術로 등장하였고 1980년대에 들어와서는 電力分野의 적용확대가 현저하게 진척된 것이 최근의 技術狀況단계로 볼 수 있다.

중래 變電機器에 관한 해당분야의 自動化는 경험·전문성·異常檢知 노하우 등이 서로 연결되어 있으며 또한 이의 實現을 위해서는 電子센서의 발달, 檢出處理裝置의 발달, 情報의 收集處理 시스템의 발달 등이 불가피하였기 때문에 前記한 신기술의 등장을 기다리지 않고서는 기술적으로도, 경제적으로도 構築이 곤란한 상황이었다.

마이크로프로세서와 光通信의 발달은, 變電機器의 豫測保全을 위한 自動化 시스템을 생각하고 있는 기술자에게 소프트웨어로 異常檢知 노하우를 구체화할 수도 있다는 것을 연상케 하였고 또 심한 電氣·磁氣環境의 기기 근방에 있는 마이크로프로세서에서 變電所 맨머신에 情報를 집약하는 手法도 연상할 수 있게 하였다.

한편 變電所의 設備는 主回路에서는 점점 大容量化·高信賴化가 진행되었고 아울러 全 GIS 變電所의 건설이 늘고 또 保護制御는 점차적으로 디지털化가 진행되었다.

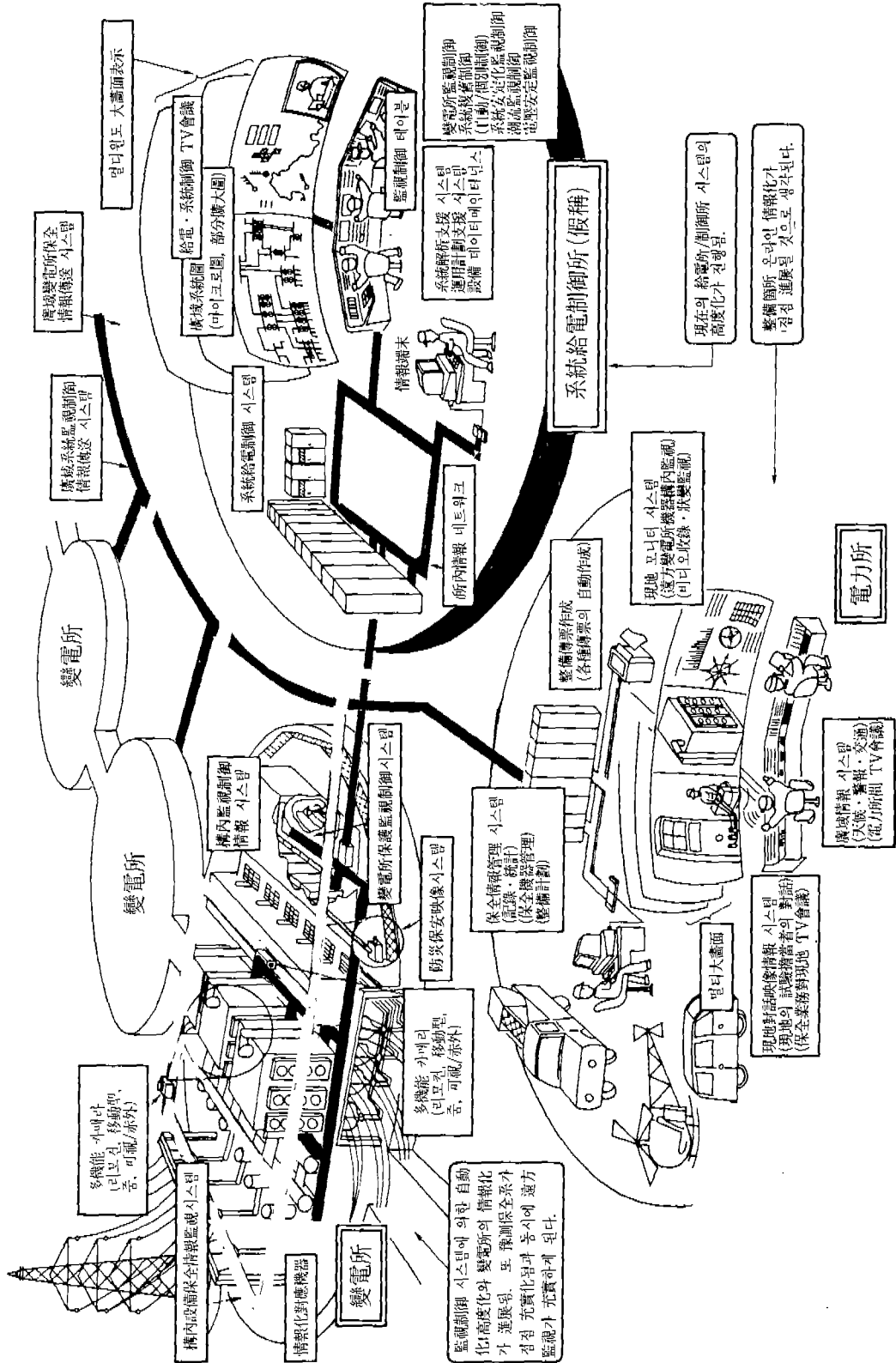
이상의 技術環境下에서 豫測保全 시스템과 監視制御 시스템에 대한 檢討構築作業이 최근 10년간 電力各社에서 진행되어 現단계에 이르고 있다.

본고에서는 이상과 같은 技術環境·達成技術·技術課題 등을 근거로 그림 1에 표시하는 것과 같은 장래의 變電所 시스템을 고려할 경우에, 豫測保全 시스템의 충실화, 整備箇所의 온라인 情報센터化가 想定됨으로써 그의 具體化를 향하여 어떠한 技術狀況이 예상되는가를 전개하였다. 또 監視制御 시스템의 고도화가 진척되고 있어, 豫測保全 시스템과의 綜合化에 관해서도 언급하였고 앞으로의 시스템 構築의 方向性에 관한 필자 등의 제안을 종합하였다.

#### 2. 豫測保全 시스템의 目的과 課題

##### 2·1 豫測保全 시스템의 目的

우선 豫測保全 시스템에서 기대되는 機能은 어떠한 내용인가를 명확히 하여 둔다.



<그림 1> 次期變電所 시스템의 綜合 이미지

### (1) 設備狀況

변압기, 차단기, 단로기, GIS 및 조상기와 각종 所內電源設備 등 變電所 機器는 그 設備의 개발에 대한 역사적 경위도 있어, 똑같지는 않지만 變壓, 回路開閉 등의 기본적인 機能을 다하기 위하여 내부에 可動機構部라든가, 各種 絕緣部分이 존재한다든가 전기, 가스, 기름 등 絕緣媒體의 循環補給系統을 구비하고 있다. 또한 設備容量의 大型化에 따라 機器 自體가 구조물로서도 극히 大型 사이즈로 되어 있다.

이들은 기구상의 마모나 절연상태의 어떤 요인으로 인한 劣化, 各種配管類에서의 누설 발생 등으로 인한 機能의 低下(構內故障)에 이를 가능성을 내포하고 있다고 할 수 있다.

### (2) 障害要因과 영향

최근에는 機器設計製作과 관련된 절연기술, 구조설계기술, 가공기술 등의 하이테크화로 종전의 設備信賴度에 비하여 극히 信賴度가 높은 제품의 공급이 가능하게 되었다.

그러나 만일의 경우 설비에 침입하는 物理的 또는 電氣的條件이 예기치 못했던 定格設計值 이상의 스트레스 誘發要因이 되어 障害發生을 일으키게 된다면, 기기의 設備容量이 극히 큰 상황에 비추어, 電力供給維持에 미치는 영향이 커지는 경향이라고 할 수 있다.

### (3) 既設設備에서의 대응

豫測保全을 실시하지 않고 있는 既設設備의 경우, 주기적으로 정기점검을 실시하여 汚損消耗, 附屬品の 消耗檢査와 교환 등 스크리닝을 실시함과 아울러 기기의 스트레스 誘發要因은 없는지를 검사한다.

設備의 운전중에 前記한 바와 같은 예기치 못한 스트레스 誘發要因으로 인하여 設備故障이 발

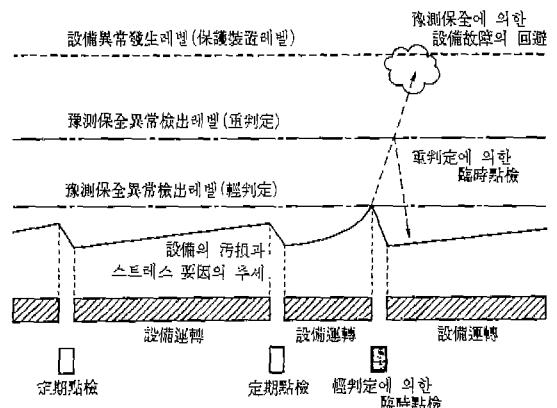
생할 경우에는, 保護裝置가 作動하게 된다. 保護裝置 作動시는 母線, 變壓器 등의 내부에 중요한 장애가 발생하게 되어, 대규모의 수리작업이 필요하게 된다. 또 變電所에서 상기한 상황이 발생하면 設備를 장기간 部分停止하여야 하기 때문에 系統運用의 信賴度 低下를 초래하는 원인이 된다.

### (4) 豫測保全實施設備의 대응

設備의 異常을 미연에 검지하기 때문에 保護裝置를 작동하기 전에 臨時點檢을 실시하여 대응할 수 있다. 豫測保全 시스템에서는 各種 센서를 이용하여 설비의 스트레스 誘發要因을 常時計測監視함으로써 설비의 설계사양으로부터 運用許容量의 正常/異常判定를 自動實行할 수 있게 된다. 이상과 같이 豫測保全이 목적하는 바는 고장발생 이전에 그 징조를 포착하여 임시점검함으로써 設備本體를 교환해야 하는 保護動作故障을 피하는 것이므로 修理復舊에 필요한 시간과 코스트를 저감할 수가 있다(그림 2 참조).

## 2·2 豫測保全 시스템의 課題

豫測保全 시스템은 이상과 같이 異常檢知의 대



<그림 2> 豫測保全實施效果의 概念圖

상이 되는 現象을 이용하여, 구체화한 아웃풋의 故障發生을 豫測한다든가, 故障發生部位를 推定한다든가, 故障의 原因을 推定하는 등 여러 가지 측면에서 요구되고 있다.

현재는 “技術高度化途上의 단계”에 있으며 이미 技術이 導入되고 있는 각종 豫測保全 센서와 處理 시스템은 檢出對象이 되는 現象에 대하여 중요한 효과가 기대되는 방식으로 확인된 것이다.

故障의 발생예측, 부위추정, 원인추정 등 技術의 고도화에 관해서는 다음과 같은 構築課題가 있다.

### (1) 故障現象의 파악

故障現象을 解析計算에 의하여 구하고자 할 때는 우선 故障系를 모델화하는 것이 극히 고도의 問題라는 것에 봉착하게 된다. 즉, 故障自體가 物性物理現象으로서 故障가 존재하는 領域의 固定과, 構造의 모델化, 電氣現象의 모델化, 解析對象의 周波數 결정 등이 필요하게 된다. 또한 故障가 發生할 경우 이것을 포착하기 위하여 전념하

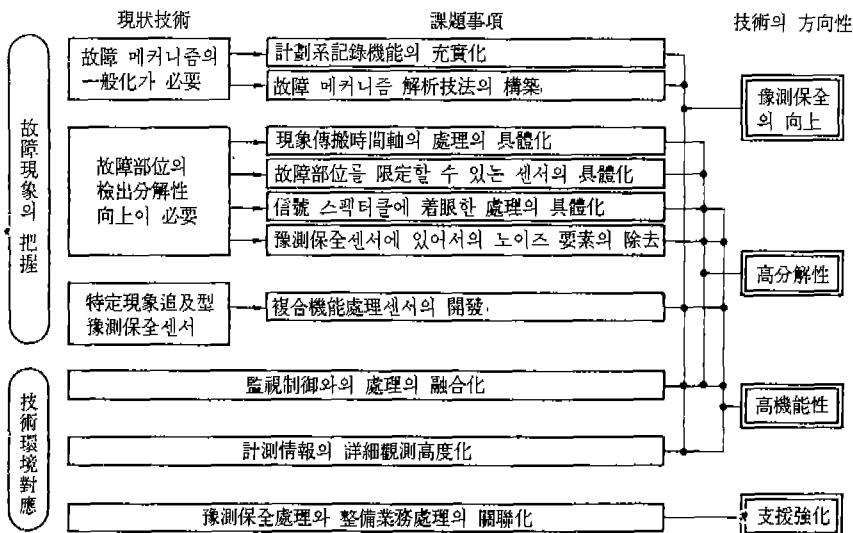
는 觀測系를 준비하여 많은 故障例를 축적하지 않으면 일반화(現象固有의 傳達函數 加味)하기가 곤란하다는 것이다. 그러므로 豫測保全 시스템을 구체화함에 있어서는 하기의 屬性을 구비한 시스템의 技術構築을 추진하는 것이 중요하다.

- (a) 機器故障 메커니즘의 一般化 把握對應機能
- (b) 機器故障部位 摘出의 高分解性 시스템 技法
- (c) 複數의 現象으로부터 特定原因事象의 導出 技法

### (2) 技術環境變遷에의 대응

금후의 系統機器의 技術變遷(制御出力回路의 靜止化, 計測人力回路에의 光技術適用化 및 豫測保全 시스템의 綜合化 등)을 고려할 때에 이들에 수반하여 豫測保全 시스템 自體도 질적인, 아래와 같은 대응이 요망된다.

- (a) 監視制御 시스템 入出力部와의 融合化
- (b) 計測情報의 취합과 異常檢出處理의 多元化
- (c) 豫測保全情報과 整備業務支援情報의 통합화 이상의 과제에 관하여 現狀技術과의 상관관계



<그림 3> 豫測保全의 現狀技術과 課題事項

를 그림 3에 표시한다.

### 3. 監視制御 시스템의 對應

#### 3.1 최근의 變電所監視制御 시스템

근년, 監視制御 시스템技術이 급속히 진전된 결과, 光LAN에 의한 情報收集系를 核으로 한 “變電所 總合 디지털 制御方式”의 도입이 급속도로 진행되고 있다.

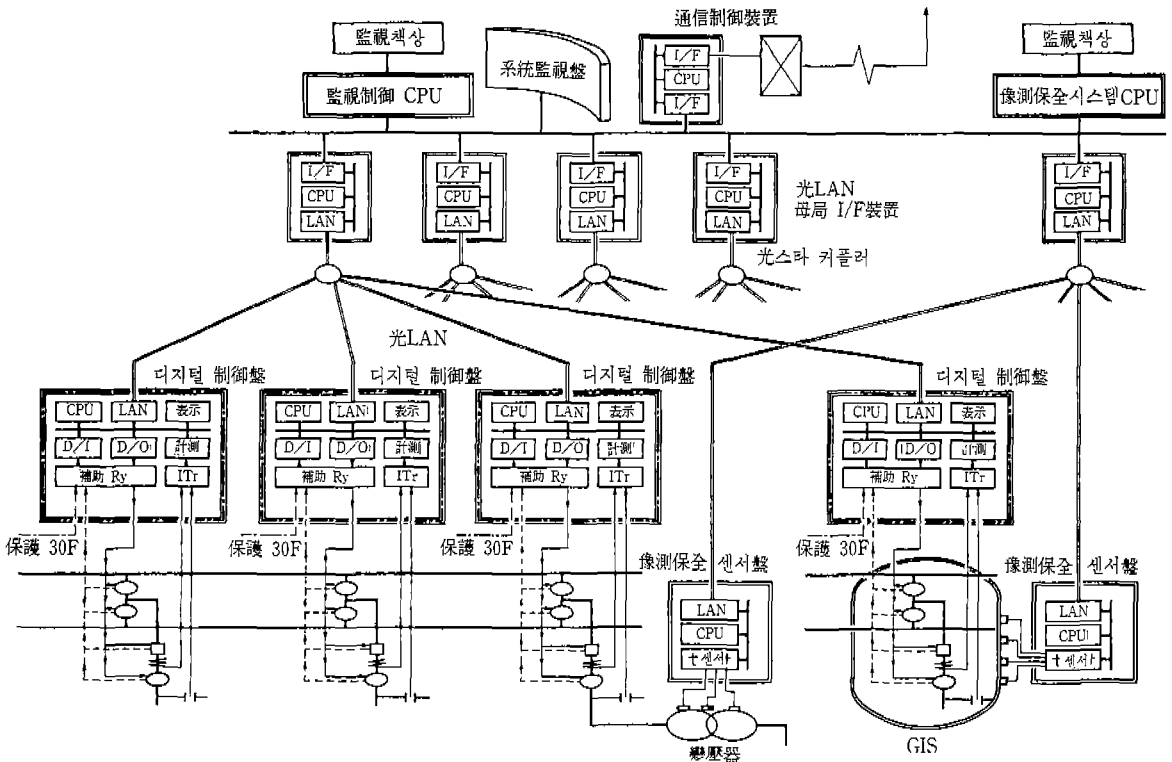
이것은 그림 4에 표시하는 바와 같이 光스타 커플러를 이용하여 放射狀의 雙方間 多局間傳送을 가능하게 하는 것으로서 光파이버로 디지털 制御盤과 光스타 커플러를 接續하는 것만으로 그 디지털 制御盤의 變電所 시스템에의 연계공사가 완료되는 방식이다.

종래의 裝置間情報의 주고 받음을 보조 릴레이

또는 計測回路用金屬線 結合에 의해 실시하던 방식에 비하여 인터페이스工事와 접속장치 自體의 變換공사가 대폭적으로 생략될 수 있는 방식으로 되었다.

#### 3.2 次期監視制御 시스템에 요구되는 課題

이와 같이 監視制御 시스템의 靑睞어 技術이 한 단계 올라간 時期에 있으나, 次期 시스템에 요구되는 과제로서 “變電所에도 점점 情報化 지향과 省力化가 진행되고 있는 과정으로, 現狀의 監視制御情報에 더하여 설비의 상태와 整備情報出力의 충실화가 요구되는 傾向에 있다”라고 할 수 있다. 즉, 종래의 監視制御에 있어서의 狀態表示, 選擇制御, 計測記錄의 틀에 더하여 各種 豫備保全情報, 設備 메인テナンス 支援情報, 加工한 設備 德



<그림 4> 光LAN 適用變電所總合 디지털 制御方式과 豫測保全 시스템

이더베이스의 제공 등이 요구되는 경향에 있다.

현재 變電所의 支援 시스템으로서 운전지원, 감시지원, 정비지원, 안전관리지원, 순시지원, 업무지원 및 保護 릴레이 整定 등의 各種 支援 시스템이 잠정적으로 實用化構築되고 있지만 이들 支援 시스템 技術이 고도화의 도상에 있으며, 技術의 변천이 예상되므로 監視制御 시스템과의 사이에서 한 획이 그어지고 있는 상황이다.

次期變電所의 시스템은 이들 各種支援情報를 시스템 機能의 한 가지 아이템으로서 선택할 수 있는 맨머신 시스템을 가질 것으로 예상된다.

이때에, 豫測保全 시스템의 과제에 대응하여 監視制御 시스템을 포함한 綜合화가 중요한 과제가 된다. 그림 5에 次期變電所 시스템 構築을 향한 充實化機能項目을 표시한다.

#### 4. 次期 시스템의 具體化方向

豫測保全 시스템의 목적과 과제 및 금후의 變電所 監視制御 시스템에 대한 요청사항에 관하여 기술하였다. 다음은 課題의 해결책과 함께 次期變電所 시스템의 구체화에 관한 技術의 方向性에

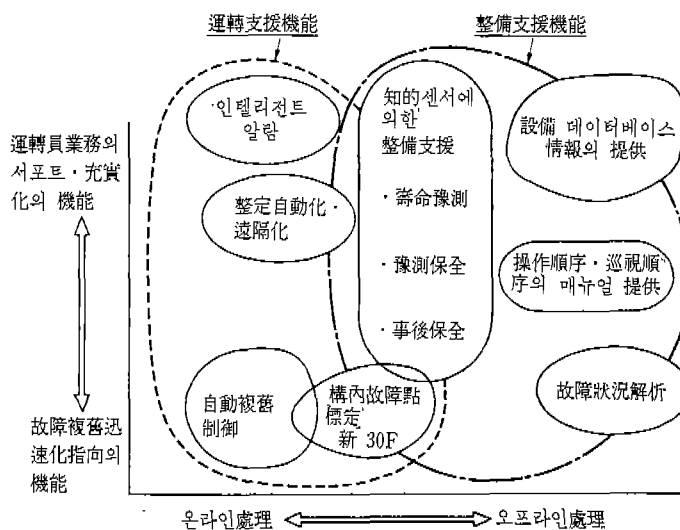
대하여 몇 가지를 제안한다.

#### 4.1 機器故障 메커니즘의 把握對應機能의 충실

현재의 豫測保全 시스템 방식으로는 특정한 現象檢出로 異常의 발생징후를 포착하는 것이 일반적이다. 기기의 고신뢰화가 진전됨으로써 異常現象에 직면하는 경우가 극히 드물며 想定외의 現象記錄을 획득하는 것이 곤란하다. 그렇기 때문에 豫測保全 센서裝置 自體로 상세한 情報를 획득하는 機能을 충실히 하는 일과 장기간의 情報保存 및 隨時判讀이 가능한 시스템 구성을 채용하는 것이 중요하다.

#### 4.2 故障部位把握分解性 향상 (新 30F)

機器別의 輕故障 30F(30F: 故障警報器具番號), 豫測保全 센서 및 監視制御 시스템에 의한 設備狀態情報를 綜合적으로 조합함으로써 기기 이상부위의 特定化와 原因分析 알고리즘을 충실하게 할 수 있을 것으로 기대된다. 이상부위의 特定과



<그림 5> 次期變電所 시스템 構築을 향한 充實化機能項目

원인분석을 구체화함에 있어서는

(a) 設備의 異常에 관한 整備要員의 知識情報 전개

(b) 機器輕故障 30F의 維持設備設計範圍情報의 전개

(c) 豫測保全 센서가 檢출할 수 있는 機器範圍情報의 전개

(d) 監視制御 시스템의 通電·開閉 등 狀態情報와의 관계

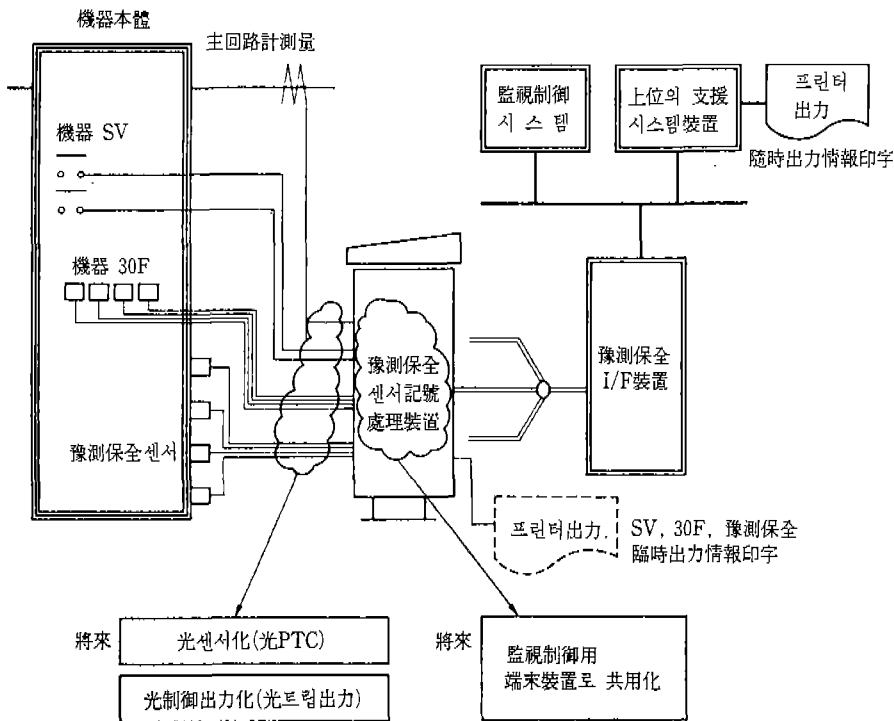
등 현재 각 方面에서 추진중인 知識工學技法을 變電所分野에서 實用적으로 적용하여 新 30F로서 變電所의 監視室 및 遠方監視個所에 設置한 CRT 畫面에 情報를 提供하는 方式을 채용하는 事이다.

#### 4.3 監視制御 시스템 入出力部와 豫測保全情報의 融合化

현재 電力各社에서 구축하고 있는 綜合 디지털 監視制御 시스템은 그림 4의 시스템 構成이 거의 표준형으로서 구축과정에 있는 것으로 생각된다. 電力會社에 따라서 ① 기기 근방에 디지털 制御裝置를 分散배치하는 方式, ② 기기 근방에 와이어드 인터페이스를 배치하여 건물내에 디지털 制御裝置를 집중 배치하는 方式 등이 채용되고 있다.

한편 豫測保全센서裝置는 기기의 미세한 電氣·物理現象을 포착할 必要상 기기 근방에 設置하는 方式을 電力各社 모두가 일반형으로서 채용하고 있다.

監視制御機能의 運營에 있어 優先度 關係로 감시제어용 情報收集系와 豫測保全情報收集系가 시스템의 상호 분리된 구성이 채용되고 있다. 이것은 전술한 바와 같이 豫測保全센서裝置



<그림 6> 豫測保全情報의 詳細化와 將來의 監視制御系와의 共用化

自體로 監視系情報과의 結合에 의하여 상세정보를 획득하는 데는 하기와 같은 부적합한 상황이 생긴다.

(a) 상호간의 時間同期성을 보장하기 어려운 情報가 된다.

(b) 기기 근방에서 監視系의 情報를 利用하려고 上位 시스템에서 情報의 재분배가 필요하게 된다.

(c) 上位 處理裝置에서 설비단위의 結合要素情報 작성처리가 복잡하게 된다.

현재의 “豫測保全情報收集系와 監視制御情報收集系의 분리방식”에 있어서의 제어장치의 分散配置方式와 集中配置方式의 특징을 살린 적용을 추진하게 되는데, 상기한 豫測保全情報의 高精細화 외에 金庫 變電所에 적용될 하기 新技術의 출현을 고려하면 監視制御情報와 豫測保全情報의 一體化가 次期變電所가 채용하여야 할 형태라고 생각한다.

(1) 光포텐셜트랜스포머(PT), 光커렌트트랜스포머(CT)의 實用化에 의한 기기 근방에서의 情報變換

(2) 開閉器의 光信號制御化에 의한 인터록 處理를 포함한 現地 큐비클의 電子盤化

그림 6에 監視制御情報와 豫測保全情報의 一體化를 지향하는 現地 큐비클의 構成案을 표시한다.

#### 4·4 變電所 運用情報提供의 충실

主回路機器와 保護制御 시스템이 점차적으로 전문화·고도화·자동화되어 가면, 變電所의 設備情報, 運轉情報, 메인터넌스情報, 故障時의 처리요령, 定期巡視·臨時巡視의 細目 등 정보량이 지극히 방대해진다.

그러므로 次期變電所 시스템에서는 하기의 各種變電所運用情報의 제공을 충실히 하는 것이 중요하다.

(a) 變電所監視制御, 支援 시스템의 소프트웨어로서 生成하는 設備 DB(데이터베이스)와 規則(률)을 시각적으로 CRT에 표시하여 詳細情報를

즉석에서 운전원이 판단할 수 있도록 情報를 提供한다.

(b) 各種豫測保全 시스템의 검출원리와 이상검출시에 警報의 판정근거라든가 物理觀測데이터를 제공한다.

(c) 各種處置가 필요하게 되었을 때 該當機器의 어느 부분에 臨時點檢部品(部位)이 존재하는가를 시각적으로 CRT에 표시함으로써 업무를 지원한다.

(d) 設備의 各種補充材料의 倉庫 등 主回路機器는 물론, 펌프실, 전원실, 급수관계 등 변전소 운용에 관련되는 設備의 메인터넌스 갈텔情報의 요구시에 수시 제공한다.

(e) 定期點檢計劃書 畫面, 事務引繼 畫面, 報告書作成 畫面 등 公式書類畫面을 양식과 체크 포인트를 첨부하여 제공함으로써 업무를 지원한다.

## 5. 맺음말

현재, 新型變電所의 시스템에서는 總合 디지털 監視制御裝置와 支援裝置의 도입이 진행되고 있다. 次世代 變電所 시스템에서는 이러한 흐름을 더욱 발전시켜서 “總合靜止化”와 “監視制御 및 支援情報의 併用化”의 양면을 겸비한 형태가 채용되어 갈 것으로 생각한다.

이 경우 監視制御의 信賴성을 깨뜨리지 않고 豫測保全 시스템의 最適信賴度의 분산배치를 추진함으로써 상기의 總合機能을 가지는 시스템의 경제적 건설이 가능하다고 생각된다.

현재 추진중인 技術을 기초로 하여, 개선점·강화점을 찾아내는 동시에 新技術對應의 개발을 촉진하여 보다 신뢰성 높은 次期變電所 시스템 構築을 향하여 노력하여 갈 생각이다.

---

本稿는 日本 三菱電氣(株)의 諒解下 에 번역한 것으로서, 著作權은 上記社에 있고 翻譯責任은 大韓電氣協會에 있습니다.