

# 技術動向

## 세계 각국의 電力系統制御所 소개 ( I )

### - 印度의 給電所 계획 -

尹 甲 求

<韓電(株) 自動給電課長>

- 目 次
1. 概 要
  2. 給電所의 基本의 機能
  3. 給電所의 必要한 設備
  4. 遠隔通信系統에 對한 計劃
  5. 遠隔測定系統 計劃
  6. 資料處理設備 計劃

### 1. 概 要

印度의 電力系統은 計劃과 運用을 目的으로 다섯 地域으로 나뉘졌는데 그것은 北部와 西部, 南部, 東部 및 北東部로 區分되어 있다. 北東部 地域을 제외하고



그림 1. 印度電力系統의 5개 地域  
Fig. 1. Five regions in india power systems

는 모든 電力系統들이 現在 연계(Interconnect) 되었으며, 병렬(Parallel) 運轉되고 있다. 2~3地域間의 連系運轉은 영구적 방침으로 시도된 것은 아니었다. 이러한 方式으로 電力系統을 連系運轉하는 것은 技術經濟的(Techno-Economic)으로 많은 이점을 가져다 주는 동시에 系統運用的 치밀한 協調(Coordination)와 監視(Monitoring) 및 制御(Control)가 요구된다. 이러한 실정에 대하여 가장 중요한 것은 給電所들을 잘 설계된 계층회로망(Hierarchical Network)으로 설립하는 것이라고 생각한다. 원칙적으로 印度는 주(State)와 지역(Regional) 및 국가(National) 수준의 給電所 들로 구성된 3段 階層을 계획하고 있다.

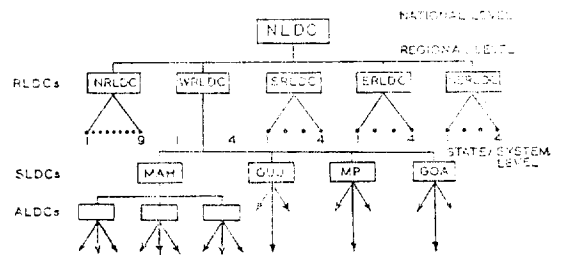


그림 2. 階層回路網의 3段 構造  
Fig. 2. 3-Tier structure of hierarchical network

넓은 州의 電力系統 들은 하나의 수준에 모든 機能들을 집중시켜 運用 한다는 것은 어렵기 때문에 이러한 경우에 대하여는 副給電所(Sub-Dispatch Centers) 또는 地方給電所(ALDs: Area Load Dispatch Centers)를 설립하고 있다. 예를 들어 Maharashtra 와 Tamil Nadu 및 Uttar Pradesh 등의 地方給電所들을 설립하고 있다.

2. 給電所의 基本的 機能

어느 특정의 給電所가 갖는 機能들은 해당 給電所가 監視하고 制御하는 系統의 規模와 複雜性 및 階層수준에 따라 선정 된다. 예를들면 地域수준의 給電所는 400KV와 220KV 系統과 地域내의 연락선조류(Tie-line Flows) 및 系統周波數 등에 주로 관계될 것이며, 主급전소(SLDCs: State Load Dispatch Centers)는 主수준에서 보다 상세한 系統에 관련케 될 것이다. 전형적 給電所의 基本的 機能들은 다음과 같다

- i) 運用計劃: 負荷豫測, 發電計劃, 豫備力割當, 系統間融通計劃
- ii) 電力系統의 動的 상태의 연속적인 監視와 目的에 적합한 制御方法의 指示
- iii) 周波數制御: 자동부하주파수제어(Automatic Load Frequency Control)는 給電所의 主制御機能의 하나이다. LFC(Load Frequency Control) 방식은 定周波數制御(FFC: Flat Frequency Control), 定連系線制御(FTC: Flat Tie-line Control), 連系線偏倚制御(TLBC: Tie-line Load-bias Control) 등과 같이 여러가지 종류로 분류 된다. 지역적인 適用方案에 기초를 두어 單一地方(Single Area), 多重地方(Multi-Area)

또는 多重 地方階層시스템(Multi-Area Hierarchical system)으로 분류될 수 있다.

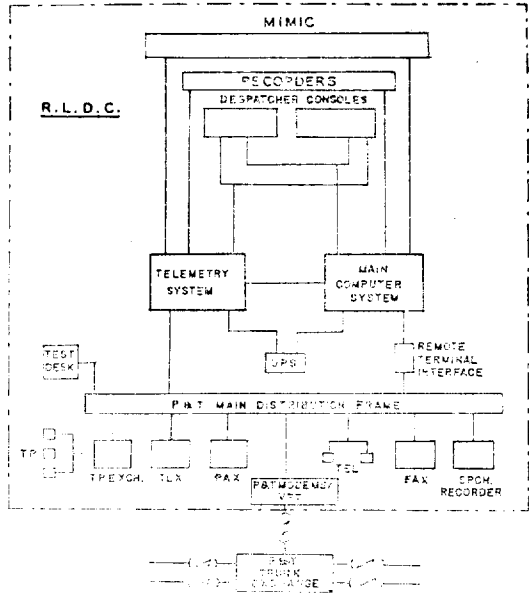


그림 3. 地域 給電所 設備  
Fig. 3. The facilities in a typical RLDC

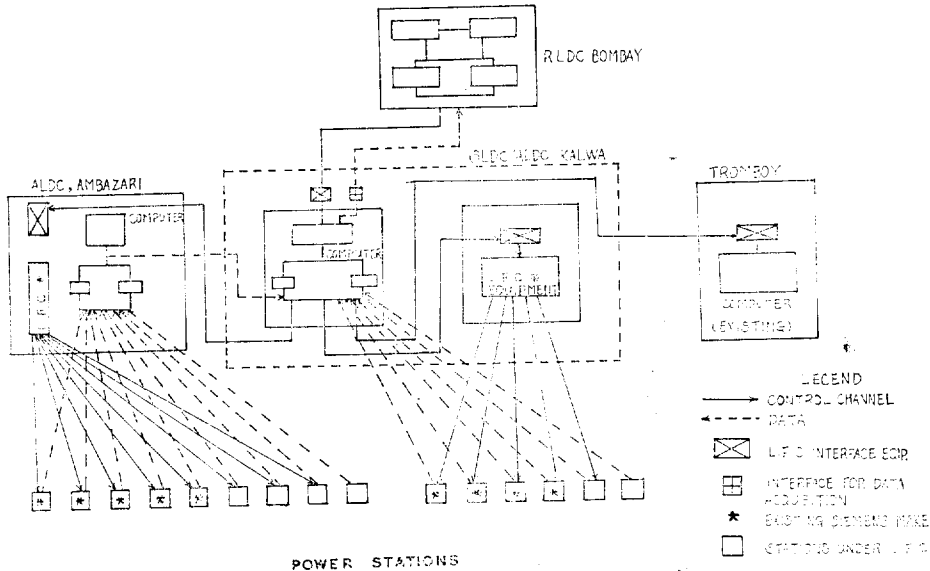


그림 4. 地域 給電所 브록圖  
Fig. 4. Brock schematic for regional load dispatch center

### 3. 給電所의 必要設設

어느 給電所에 필요한 設備들은 그 給電所가 수행하는 機能에 따라 결정된다. 다음은 給電所의 基本的 設備들이다.

- i) 通話(Speech)
- ii) 遠隔印刷(Teleprinting)
- iii) 遠隔測定과 遠隔信號傳送(Telemetering and Telesignalling)
- iv) 表示(display) : 模擬(Mimic), 記錄計(Recorders)
- v) 資料處理와 記錄(Data Processing and Logging)
- vi) 負荷周波數制御(LFC)

資料處理 系統은 實時間(Real-Time) 主業務를 效果의 으로 수행토록 설계할 수 있으며, 表示(Display) 遠隔測定值의 限界點檢, 警報表示, 負荷周波數制御, 狀態推定(State Estimation), 想定事故評價(Contingency Evaluation), 負荷豫測, 發電計劃 등과 같은 확장된 實時間機能들을 수행토록 할 수 있다. 이런 機能들의 수행은 遠隔測定入力과 소프트웨어(Software) 能力을 포함한 이용할 수 있는 이들 入力들에 좌우된다.(설치된 시스템의 能力은 별문제로 하고) 그림 3과 4는 전형적 地域給電所에 구비된 設備들을 보여 준다. 그림 5는 北部와 西部 및 東部地域에서 채택한 方式을 보여 준다. 이것이 기본적인 多重地方階層方式이다. 이런 方式으로 地域 수준 뿐만 아니라 州에서도 LFC 裝置를

갖일 수 있다. SLDCs의 制御裝置가 周波數와 州사이의 送受電에 관련되는 것같이 RLDCs의 制御裝置도 周波數와 地域間의 電力潮流를 제어하게 된다.

### 4. 遠隔通信系統에 對한 計劃

信賴性 있는 通信은 통합된 電力系統의 만족할만한 機能 수행에 중대한 역할을 한다. 給電所를 計劃하는 데 있어서 잘 짜여진 通信網의 개발은 대단히 중요하다. 電力系統運用을 위해 일반적으로 요구되는 通信設備은 다음을 포함한다.

- i) 電話(Telephony)
- ii) 遠隔測定(Telemetering)
- iii) 遠隔信號傳送(Telesignalling)
- iv) 遠方制御(Remote Control)
- v) 保護(Protection)
- vi) 遠隔印刷(Teleprinting)
- vii) 遠隔同期(Tele-synchronising)

어떤 遠隔通信系統의 設計을 하는데 있어서 가장 중요하고 중대한 관점은 대체로 계통의 장래 필요량과 확장능력 면을 고려해서 通信канал(Channels)의 정확한 계획이다. 채널들은 항상 信賴할 수 있고, 安全해야 하며, 어느때라도 이용할 수 있어야 한다. 信賴度와 稼動率의 필요한 수준을 이루기 위해 적당한 스위칭(Switching) 설비를 가진 별개의 루트(Routes)나 媒體(Media)에 이중 채널을 구성하여 하나의 主(Main)가 되고 다른 하나는 後備(Back-up)가 되도록 計劃하는 것이 一般化 되고 있다.

印度의 州(State) 電力系統은 주로 電力線般送(PLC)에 의존되고 있는데, 대체로 만족스럽게 동작되고 있다. 그러나 長距離에 걸친 電力輸送과 周波數 스펙트럼(Spectrum)에서 나타나는 혼잡 때문에 通信의 PLC 매체 확장에 심각한 제한을 주고 있다. 印度에서 이용할 수 있는 다른 방법 하나는 마이크로웨이브(Microwave) 또는 U.H.F.와 同軸케이블계통(Coaxial Cable System)으로 구성된 무선계통(Radio System)을 채택하고 있는 우편 전신국(P&T)으로부터 賃賃된 채널(Leased Channels)을 사용하는 것이다.

電力系統運用에 P&T 回線을 이용하는 方案은 전혀 새로운 것은 아니다. 이 방안은 프랑스(France) 英國(U.K.), 캐나다 등에서도 성공적으로 수행되고 있다. 그리고 그들의 경험을 토대로 그런 設備들이 印度電力系統에서 잘 이용될 수 있다고 보고 있다. 그래서 北部, 西部와 東部地域에서 計劃되고 있는 RLDCs의 경우 에 대하여 이 賃賃回線(Leased Circuits)의 확장 사

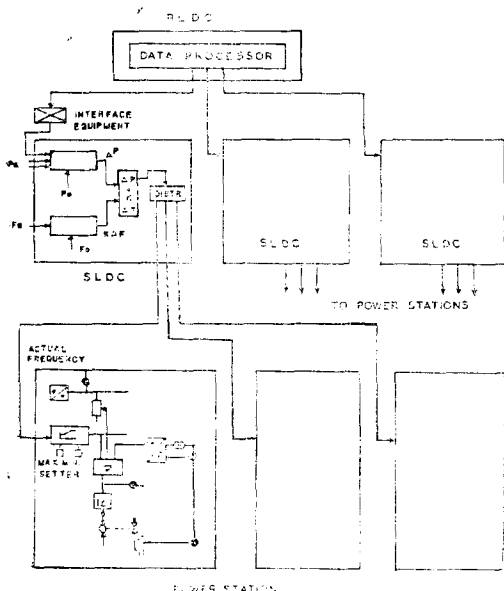


그림 5. 地域 負荷周波數 制御方式  
Fig. 5. Regional LFC scheme

용을 제안하고 있다. 그러나 이것은 이 나라에서 電力系統運用을 위한 賃賃찬널을 위하여 이렇게 거대한 방법의 시도는 처음이고, 그런 回線의 質(Quality)과 信頼度 및 稼働率의 신중한 검토가 요구되고 있다. 그렇기 때문에 印度에서는 P&T 기본찬널설비를 설치하여 타장비의 인수에 앞서 6개월동안 試驗하는 방법으로 工程을 짜고 있다. 더우기 이들 回線은 주로 300~3400Hz의 帶域幅(Bandwidth) 내에서 通話 목적을 위하여 주로 사용되어 온 것이다. 그러나 給電所의 요구는 600/1200보(Bands)에서의 高速情報傳送(High Speed Data Transmission)과 遠隔印刷, 遠隔制御, 模寫電送(Facsimile Transmission) 등을 위한 것이다. 이들 찬널의 높은 賃賃料를 고려하여 찬널 價格을 최소로 하기 위하여 多重化技術(Multiplexing Techniques)을 채용하는 것이 바람직하다.

### 5. 遠隔測定系統 計劃

어떤 遠隔測定系統 計劃에 있어서 첫째 중요한 단계는 대체로 系統의 "資料算定の 정식화(Formulation of a Data Plan)"이다. 일반적으로 다음 사항들이 遠隔測定되도록 요구될 것이다.

- i) 發電所의 有効, 無効 出力(유니트別 또는 合計)
- ii) 隣接系統과의 에너지와 有·無効電力의 交換
- iii) 主要 連絡線(Tie Lines) 遮斷器(Circuit Breakers)와 發電機 遮斷器의 狀態
- iv) 系統의 主要 幹線의 有効電力 潮流(Flow)
- v) 變電所에서의 周波數
- vi) 重要 접속점에서의 電壓
- vii) 變壓器 탭(Tap) 위치 表示

장래 측정이 필요한 것들은 역시 資料算定에 포함시켜야 한다. 이렇게 준비된 資料算定이 遠隔測定에 필요한 資料量을 직접 결정해 주며 이것이 설계될 마스터와 원격소장치의 용량을 표시한다. 資料算定에는 각 資料의 更新(Update) 時間이 표시 되어야 한다. 보통 LFC와 같은 制御에 대하여는 連絡潮流와 周波數 같은 資料는 매 2초 정도로 빨리 更新되어야 한다. 다른 資料는 運用상 필요에 따라서 매 5초 또는 10초마다 更新될 수 있다. 빠른 更新 시간은 傳送速度의 高速化를 요구하게 되며, 결국 모든 系統의 전체찬널에 반영된다. 예를들면 1200BPS의 傳送速度가 요구된다면 0~4 KHz 公稱帶域幅(Nominal Bandwidth)의 전찬널은 단지 이 목적만을 위해 목적으로 남겨 두어야 한다. 그러나 50~500 BPS의 낮은 速度에 대해서는 資料찬널을 0~4KHz의 公稱帶域幅의 같은 찬널속에 通話와

함께 多重化 될 수 있다.

計劃의 두번째 관점은 端末裝置(End Equipment)에 관계 된다. 遠隔測定/遠隔制御 系統을 選定하기 전에 다음 상황들을 마땅히 고려해야 한다

- i) 系統設計와 構成(Architecture)
  - ii) 系統의 擴張力(Expansibility)과 柔軟性(Flexibility)
  - iii) 系統의 餘分(Redundancy)
  - iv) 符號化(Coding)의 効率과 安全性(Security)
  - v) 維持補修와 較正(Calibration)의 容易
  - vi) 다른 系統과의 結合의 適合性(Compatibility)
- 컴퓨터시스템과 模擬(Mimic) 系統—

最近의 系統은 모두 디지털(Digital)과 集積 回路(IC)를 사용한 固定型(Solid State)이고, 使用者(user)의 요구를 변경하는데 대단히 柔軟할 뿐만 아니라 運用과 維持補修가 쉬운 콤팩트모듈(Compact Modular)로設計되어 있다.

컴퓨터를 중추로한 遠隔測定 系統은 在來式 보다 다음의 利點이 있다.

- i) 資料處理 柔軟性이 좋다.
- ii) 傳送効率が 좋다.
- iii) 資料處理 能力이 크다.
- iv) 事前處理(Pre-Processing)가 便利하다.
- v) 空間(Space)이 節約된다.

印度의 RLDCs 計劃을 위하여 현재 구입한 遠隔測定 系統은 모두 마이크로 프로세서(Micro-Processor) 또는 컴퓨터가 기초를 이룬다.

현재의 遠隔測定 系統은 運用형태와 관련하여 다음 두가지 종류로 분류될 수 있다.

- i) 中央과 從屬(Master-slave)사이에 호출/응답(call/reply) 방식에 기초를 둔 系統으로 中央(Master Station)에서 일정한 순서로 각 종속원격소(slave station)에 원격 측정할 資料를 송신하도록 요청한다.
- ii) 遠隔所(remote stations)가 中央所에 독립적으로 報告하는 運用에서 디지털의 週期的 連續 형태(Cyclic Continuous Mode)에 기초를 둔 系統

印度의 그릿系統(Grid Systems)에 현재 사용되는 遠隔測定 系統은 위에서 언급된 두번째 형태이다. 이 系統은 매우 단순하나 각 데이터링크(Data Link)마다 독립적인 遠隔測定용 送信器와 受信器를 필요로 하기 때문에 새로운 미래 링크를 위해서는 유연성이 없어서 분리된 원격측정 시스템이 필요하게 된다. 이런 系統에서 命令指示 방향에 따라 별도 찬널이 필요하지 않은 것처럼 遠隔制御設備들도 보통 附設되지 않는다. 그

렇지만 이 無指向系統 들은 中央所에서 여러 遠隔所 들을 처리하는 系統을 호출/응답 형식의 系統으로 바꿀 수 있다. 이런 착안은 장래 遠隔所 들을 어떤 큰 變更없이 系統에 쉽게 추가 시킬 수 있는 많은 柔軟性을 갖는다.

디지털表示(Digital Displays) 등을 포함한 模擬系統(Mimic System) 뿐만 아니라 既存의 給電所 主컴퓨터 시스템을 갖인 遠隔測定 系統을 기존의 給電所 主컴퓨터 시스템과 結合시키는 문제를 고려하는 것이 대단히 중요하다. 이 結合裝置의 設計는 주의깊게 고려되어야 하고 系統의 모든 기능수행에 손상없이 컴퓨터 시스템과 遠隔測定系統사이에 資料와 命令의 傳送이 원활 해야 한다.

### 6. 資料處理設備 計劃

최근 세계적으로 給電所에서 여러가지 복잡한 遠方 監視와 制御機能들을 수행하기 위하여 컴퓨터의 사용이 증가되고 있다. 어느 특수한 給電所에서의 適用의 확장은 해당 電力會社의 運用原理(Operating Philosophy)와 運用責務(Operating Responsibilities)에 달려 있다. 印度에서의 電力系統運用을 위한 컴퓨터의 이용은 지금까지 제한되어 왔다. 현재 컴퓨터가 온-라인형태(On-line Mode)로 사용되고 있는 유일한 系統은 西部地域에서 Bombay 근교의 Tatas의 電力系統이다. 이런 이유는 아마도 給電所가 최근까지 여러 系統에 시설되지 않았다는 사실로 설명될 수 있고, 더우기 遠隔測定과 遠隔制御設備가 시설된 곳에서도 충분히 동작되고 있지 않기 때문이다. 그러나 電力系統의 成長과 州 및 地域수준의 영역에 給電所가 신설됨에 따라 電力系統運用에 대한 컴퓨터의 확대 이용에 점점적 필요성을 느껴 왔었다. 초기 단계로 컴퓨터를 중추로 한 系統이 北部, 西部 및 東部地域의 地域給電所(RLDCs)와 Maharashtra State Electricity Board의 州 및 地方給電所(SLDCs and ALDCs)에 제안되었다.

이 단계에서 北部와 西部 및 東部の RLDCs에 시설된 온-라인 컴퓨터 시스템을 간단히 소개하는 것이 필요 하겠다. 각 給電所의 系統은 自動切替設備(Automatic Failover Facilities)를 가진 핫스탠드바이형태(Hot Stand-By Mode)의 이중컴퓨터구조(dual Computer configuration)로 이루어진다. 이 컴퓨터들은 2중 형태(dualmode)로 구성된 前衛遠隔測定系統(Front-end Telemetry System)으로 부터 資料를 받을 것이다. 이 두 系統은 함께 四線組구성(Quad Configuration)을 갖이게 될 것이다. 前衛遠隔測定 系統은 다음과 같은 이유에서 채택되었다.

- i) 主컴퓨터의 負荷>Loading) 감소
- ii) 하드웨어(Hardware) 또는 소프트웨어(Software) 고장으로 主컴퓨터 系統이 모두 故障(Failure)시 資料取得, 模擬表示(Mimic Display), 記錄(Recording) 등과 같은 給電所의 重要기능의 계속적인 수행

iii) 세계적으로 대규모 給電所에서 대부분 適用한 慣例

主 컴퓨터 시스템에 割當된 機能들은 다음과 같다.

제 1 수준 優先權

- 1) 前衛컴퓨터플트 부터 資料取得
- 2) 系統狀態의 監視
- 3) 表示와 記錄計들의 驅動
- 4) 負荷周波數制御(LFC)
- 5) 短期와 長期 資料화일(Files)의 作成(Creation)
- 6) 遠隔測定 값의 限界체크
- 7) 두 制御卓(Control Engineers Desks)에 대한 人間/機械連絡(Man/Machine Interface)

8) 事故記錄과 運轉記錄 및 系統記錄

제 2 수준 優先權

- 9) 狀態推定(State Estimation)
- 10) 想定事故 評價(Contingency Evaluation)
- 11) 負荷豫測(Load Forecats)의 修訂(Revision)
- 12) 發電計劃(Generation Schedules)의 修訂
- 13) SLDCs 와 RLDCs 간의 資料傳送
- 14) 資料의 편집(Edition), 系統單線圖의 修正(Modification), 警報明細表(Alarm lists)
- 15) 프로그램의 開發과 試驗 및 프로그램 變更의 履行(Implementation)
- 16) 賃貸컴퓨터(Leased Computer) 系統에서 處理되는 오프-라인研究(Off-Line Studies)에 이용하기 위한 資料준비
- 17) 訓練(Training)

제 1 수준의 機能들을 위해 100% 後備(Back-up)가 있어야 한다. 周邊裝置들은 역시 하나의 裝置 故障이 系統의 機能 수행을 杜絕하지 않도록 적당히 이중화 될 것이다. 人間/機械連絡 設備들은 두대의 給電卓(Dispatchers Consoles)과 한대의 프로그래머부 및 한대의 訓練卓이 있으며 세미-그래픽 칼라 모니터 6개 Semi-Graphic Colour VDUs), 차트-記錄計(Chart-Recorders), 記錄機(Loggers), 模擬表示(Mimic Display), X-Y 플터(Plotter) 등을 포함하고 있다.

온-라인 컴퓨터 시스템이 또한 Bangalore에 南部地域給電所를 위해 計劃중에 있다.

다음의 사항들이 온-라인 컴퓨터 시스템의 計劃에서

특별히 주목할만한 사항이다.

- i) 系統運用的 電算化(Computerisation)를 위해 어느 정도의 프로그래머가 기본적으로 필요하다. 똑같은 목적 달성을 위하여 現設備의 機能的 缺陷뿐만 아니라 制御方案의 목적에 대한 엄격한 分析이 온라인 應用的 範圍 확장을 결정하기 전에 요구된다.
- ii) 컴퓨터 構成: 컴퓨터 시스템은 單一(Single) 二重(Dual) 및 多重프로세서(Multi Processor) 형식으로 구성될 수 있다. 대규모 給電所에서 대부분 채택하고 있는 標準構成은 二重前衛遠隔測定系統(Dual Front-end Telemetry System)을 갖는 二重主컴퓨터시스템(Dual Main Computer System) 방식이다. 二重系統은 다음과 같은 特點이 있다.
  - 1) 重要機能은 하나의 컴퓨터 故障이나 維持補修時에도 중단 시키지 않아도 된다.
  - 2) 後備系統(Back-up System)의 價格은 周邊裝置들과 소프트웨어를 포함한 컴퓨터시스템 전체 價格에 비하여 상대적으로 적은 比率이다.
  - 3) 系統 維持補修, 擴張, 故障診斷, 프로그램開發등에 유용할 수 있다.
- iii) 컴퓨터시스템과 周邊裝置 분야는 急速한 技術的 開發이 이루어지고 있기 때문에 같은 機能的 요구를 만족시키는데도 여러가지 다른 方法으로 設計하여 만족시킬 수 있을 것이다. 그렇기 때문에 系統 필요 요구조건들은 소수의 供給者들에게 선택이 制限되지 않도록 仕様(Specifications)을 간단하게 說明해야 한다.

給電所의 컴퓨터 設備에 대한 計劃은 일상 루틴 단위로 수행되는 상당량의 系統運用計劃검토에 대한 업무량을 고려하여야 한다. 이들 업무는 하루와 일주 및 일년 처럼 여러가지 時間範圍와 관련된다. 오프-라인 컴퓨터 들이 일반적으로 이런 목적을 위하여 사용된다. RLDCs의 경우에 Delhi, Bombay 및 Bangalore

그리고 Calcutta에 설치될 대규모 컴퓨터 센터에 있는 設備들을 이용할 수 있도록 요청하고 있다. 적당한 交互端末(Inter-Active Terminal) 設備들이 이런 목적을 위해 計劃되고 있어 기술자가 자신의 금전소에서 업무를 수행할 수 있게 된다.

### 7. 給電所의 位置選定 基準

印度에서의 給電所 位置選定은 다음과 같은 사항을 중요시 고려하고 있다.

- i) 給電所는 PLCC 設備의 사용이 쉽고 回路網의 중요지점들과 通信이 容易한 계통의 중요한 지점에 인접해야 한다.
- ii) 전력계통 운용에 우편 전신국(P&T) 설비를 필요에 따라 사용할 수 있는 곳에 가능한 한 가깝게 1 접해야 한다.
- iii) 給電所는 電力系統運用的 神經中樞이며, 給電所와 관련되는 重要 人物과의 접촉이 가끔 중요시 되기 때문에 陸路와 鐵道 및 가능하면 비행기로 출입하기 쉬워야 한다.
- iv) 給電所는 일의 흥미를 갖고 일하려는 유능한 사람이 다른 곳으로 移住하지 않도록 모든 現代的 娛樂시설이 마련된 市內에 位置해야 한다.
- v) 給電所는 電力系統의 觀點에서 때때로 요구되는 情報가 經營에 쉽게 이용될 수 있게 하기 위하여 가능한 한 電力회사 本部에 位置해야 한다.

### 參 考 文 獻

V.V. Rao; "Planning of Load Despatch Centres in India", IFAC Symposium on Computer Applications in Large Scale Power Systems, New Delhi, August, 1979

“電 氣 用 語 集” 近 刊

大 韓 電 氣 學 會