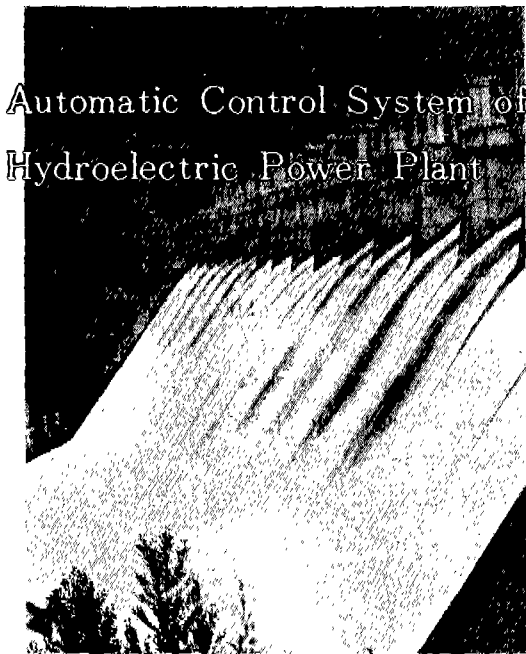


水力發電의 自動化에 對하여



李 宣 煥

韓國電力技術(株) 事業部長

I. 자동화의 배경

電力設備의 增大 및 送電網의 復雜化에 따라 現在의 給電指令所(National Control Center, NCC)에서 全發電所를 制御, 監視하는 方式에서는 各發電所의 經濟的 効率運轉 및 緊急時의 電力의 安定供給에 支障을 가져올 餘려가 있고 監視 및 制御量의 增加로 NCC의 任務를 輕減시킬 必要가 있으며, NCC는 電力의 需給調整, 周波數 調整等に 국한시키고 系統操作 및 事故에 對한 措置는 점차로 下級 制御所로 이관시키며, 水力發電 運轉의 無人化로서 人力 減縮 效果等 維持費의 節減效果와 水系運營의 合理化로 高水位, 高効率을 維持하여 設備 利用率을 높임으로써 全發電設備의 經濟的 効率運用이 바람직하다.

以上과 같은 課題들을 解決하기 爲해서 各發電所의 自動化를 실시하고, 地域 制御所(Regional Control Center, RCC)를 두어 各發電所를 일괄 集中監視 制御하는 方式의 채용이 불가피하게 된다.

II. 自動化를 爲한 水力發電所設備의 概要

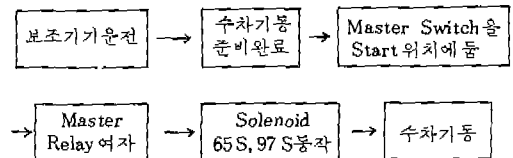
가. 運轉方式

水力發電所 自動化設備의 說明에 앞서 手動운전 방식과 自動設備를 갖춘 發電所의 運轉方式의 差異點을 우선 比較 檢討코자 한다.

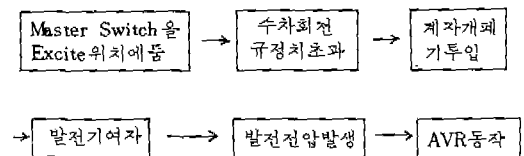
1. 手動 運轉 發電所의 運轉方式

1) 기동

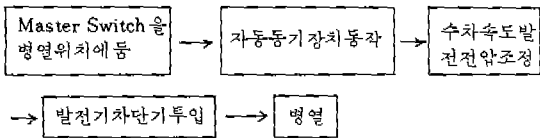
a) 기동



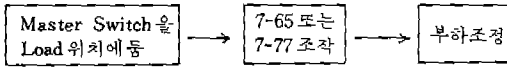
b) 여자



c) 병열

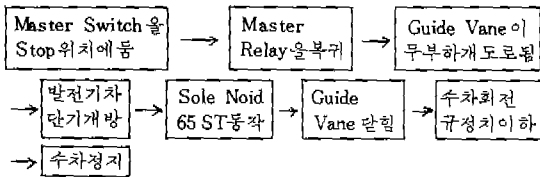


d) 부하

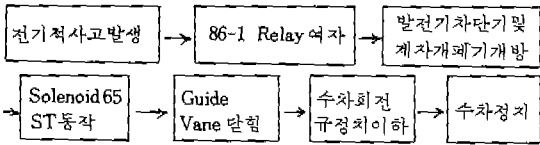


2) 정지

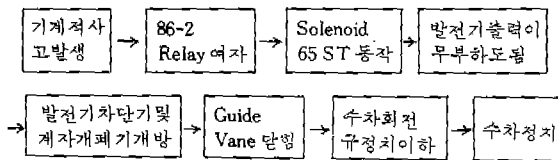
a) 정지



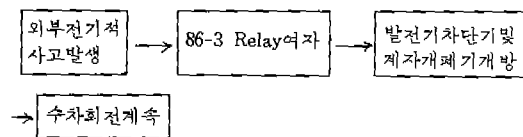
b) 비상정지



c) 급정지

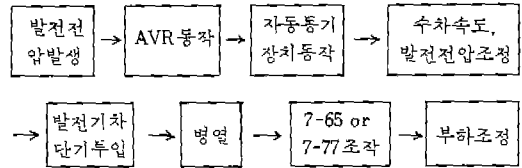
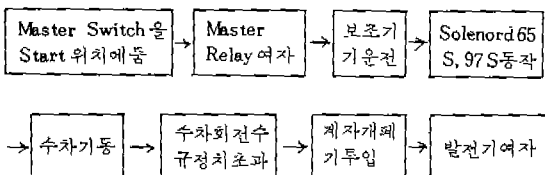


d) 무부하 무여자 운전



2. 자동 설비를 갖춘 발전소의 운전방식

1) 기동



2) 정지

수동 운전 발전소와 同一

※ 表는 運轉원의 手動操作을 表示함.

以上과 같이 手動運轉方式의 기동은 4단계의 절차가 있으며, 모든 운전 절차가 운전원의 조작 및 監視 下에 이루어지나, 自動運轉은 운전원의 조작, 감시를 通하지 않고, 발전소 배전반실 또는 원방조정실에서 시동 또는 정지스위치를 눌름으로써 全運轉 절차가 自動으로 이루어진다.

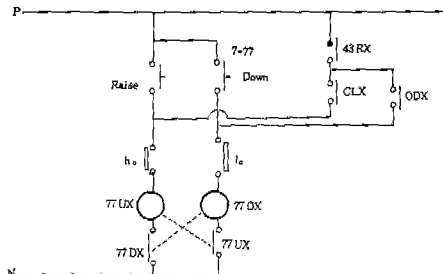
나. 自動化 設備

自動化에 必要한 設備 및 自動化 方式은 여러가지 方式이 있으나 여기서는 원방 조작시 必要한 설비의 개념적인 사항을 설명한다.

1. 원방 조작반 (Remote Control Panel)

자동화 설비중 가장 重要한 장비중의 하나로서 발전소 운전을 원방에서 조작할 必要가 있을 때 使用하는 장비로서 수많은 키프 릴레이, 타이머 등이 내장되어 있고, 원방지령을 RTU (Remote Terminal Unit)를 通해 各 관련 판넬, 장비에 傳達하는 中間역할을 한다.

그림 1은 Local Limiter의 Sequence Diagram의 개략도로서 원방조작반의 技能을 간단히 說明하면, 43 RX, CLX 및 OPX가 원방조작반에 내장되어 있는 Relay의 接點들로서 원방제어에서 43 RX의 접점이 Close되고 원방제어실에서 Raise의 壽命이 RTU를 通해서 원방조작반에 들어오면 相關 Relay의 Coil이 여자되어 CLX가 Close되어 77 UX를 여자하여 Guide Vane이 더 많이 열리게 된다.



〈그림-1〉 Local Limiter의 Sequence Diagram 개략도

2. 보조 계전기반(Aux. Relay Panel)

手動 操作되는 發電所를 원방조작할 때 必要한 장비로서 원방조작반과 技能은 비슷하나 상이한 점은 원방조작반은 단지 원방조작에 必要한 技能만을 가지고 있는 반면, 보조 계전기반은 원방조작 기능과 자동화에 관련된 모든 기능으로 故障, 警報신호를 分類하여 그 結果를 RTU를 통해 원방조작반으로 보내며, 원방조작반의 각종 지령을 관련 장비 관별에 보내는 역할을 한다.

3. 수위계, 개도계, 우량계

저수위, 방수위 및 댐의 수문개도, 강우량 등을 測定하여 원방조작반으로 보내서 告호율, 고수위 운전 및 效果의인 수문제어, 流量計算 등을 한다.

4. Transducer

發電機의 發電電壓, 電流, MWH, 조류 및 送電電壓, 電流 등을 測定하여 RTU를 통해 원방조작반으로 보낸다.

Ⅲ. 自動化 方式 및 內容

가. 대향 방식(對向 方式)

집중 원방 감시제어의 구성형태는 1개소의 集中制御所에서 복수의 피제어소를 集中 監視制御하는 개념으로 一般的으로 1 : N이라고 부르고 있으나 장치 構成面에서는 1 : N와 (1 : 1) × N의 두가지 方式으로 分類될 수 있다.

各 方式의 構成圖는 그림 2에 나타나 있으며 各 方式의 比較表는 表 1에 나타나 있다.

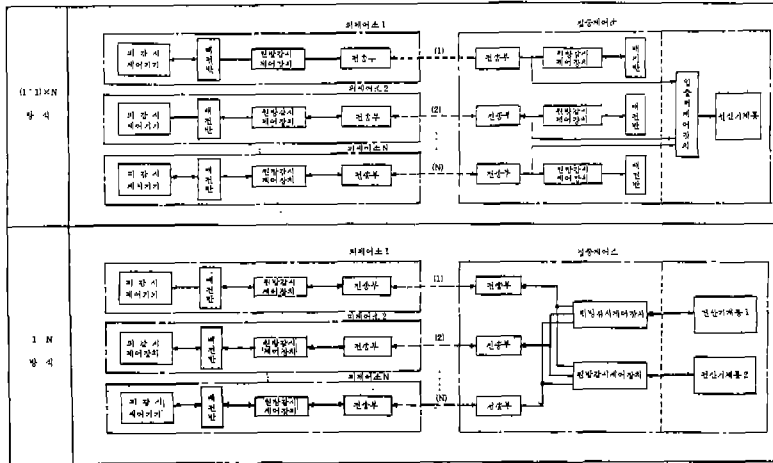
日本의 경우 원방감시제어장치의 본격적인 使用은 1952년경 부터로서 전부 電磁式 Relay 에 依해 構成되고 그의 형태도 (1 : 1) × N 방식이었다.

그後 트랜지스터의 發明에 依해 1962년 경부터 CRT (Cyclic Digital Transmitter) 方式이 채용되고 다시 集積回路, Microprocessor의 채용에 따라 大容量化, 高速化로 이행하고 있으나 基本形態는 (1 : 1) × N의 CDT 방식이다.

〈표-1〉 각 방식의 비교표

항 목 \ 방 식	(1 : 1) × N 방식	1 : N 방식
일 반	수력발전소의 원방감시제어화를 연차적으로 실시해 가고 후에 전산기를 도입할 경우에 주로 채택되며 정보 전송방식으로는 CDT방식이 주로 사용된다.	수력발전소의 원방감시제어화와 전산기 도입을 한 번에 실시할 경우에 주로 채택되며 정보 전송방식으로는 문의(Polling)방식이 주로 사용된다.
신뢰도 1) 피제어소측 장치 고장 2) 제어소측 장치 고장	1) 고장난 피제어소만의 감시, 제어는 불능으로 된다 2) 고장난 장치에 대응되는 피제어소의 감시, 제어는 불능으로 된다.	1) 고장난 피제어소만의 감시, 제어는 불능으로 된다. 모든 피제어소의 감시, 제어가 불능으로 된다. 2) 따라서 제어소의 장치를 2중화할 필요가 있다.
경제성	피 제어소의 수가 4개소 이하인 경우에 경제적이다.	피 제어소의 수가 5개소 이상인 경우에 경제적이다.
원방 감시제어 장치의 주요구성 소자	트랜지스터식 릴레이를 오랫동안 사용해 왔으나 최근에는 마이크로(Micro) 프로세서가 주류가 되고 있다.	전산기가 보편화됨에 따라 발달한 방식이므로 주로 마이크로(Micro) 프로세서를 사용하고 있다.
보수성	용이하다	(1 : 1) × N방식보다 약간 복잡하다.
확장성	피 제어소의 수가 증가하는데 제한이 없으나 전유면적은 변하게 된다.	피 제어소의 수가 증가하는데 한계가 있으며 전유면적은 변하지 않는다.
전산기 계통과의 결합	별도의 결합장치가 필요하며 복잡하다	별도의 결합장치가 필요 없으며 용이하다.

주 기 : 본 비교대상에 있어서 전산기 계통은 포함되지 않음.



(그림-2) 대행방식의 구성도

한편 구미 各國에서는 통신회선의 확보의 어려움으로 오래전부터 문의(Polling)方式이 開發되고 電算系統의 導入과 더불어 1:N의 문의방식이 效果의므로 그 技能을 발휘하고 있다.

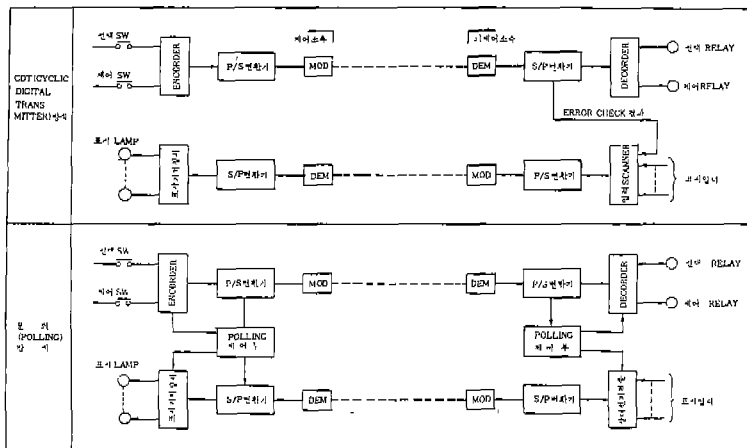
나. 情報의 傳送方式

情報의 傳送方式으로서는 주기적으로 情報를 傳送하는 CDT方式과 新局 即 RCC에서의 문의에 응답하여 子局에서 정보를 전송하는 문의(Polling)方式의 2가지로 分類될 수가 있다. 두 方式의 구성도는 그림 3 과 같으며 아래에 두 方式에 對해 比較한다.

1. 信號傳送的 信賴度

同一回線 品質과 同一에러(Error)제어방법을 使用하는 경우에 두 방식에 있어서 受信側에서 에러를 檢出하는 能力은 같으나, CDT方式에 있어서는 에러가 檢出되었을 때 單純히 그 정보를 無視하고 다음 주기에 같은 情報를 바르게 받을 수 있을 때까지 이 情報를 使用하지 않는다.

따라서 에러의 發生 可能性을 고려하여 상태변화 등의 정보는 3~5주기 동안 같은 情報가 傳送될 수 있도록 入力펄스를 늘리고 (Stretch) 있으므로 한 變化



LEGEND

- SW : SWITCH
- P/S : PARALLEL TO SERIAL
- DEM : DEMODULATOR
- S/P : SERIAL TO PARALLEL
- MCD : MODULATOR

(그림-3) 정보 전송방식에 있어서 CDT와 문의방식의 개략 구성도

가 수회 전송되게 된다.

한편 문의(Polling) 방식에 있어서는 에러를 檢出하면 같은 情報을 재송하게끔 상대편에 알려줌으로써 정보전송을 재시행하도록 하고 있다. 따라서 信號傳送的 信頼度 면에서는 문의방식이 우수하다.

2. 장치의 信頼度

원방 제어감시장치가 마이크로 프로세서형인 경우에는 두 방식에 있어서 부품수는 同一하므로 장치의 신뢰도는 별차이가 없다.

3. 傳送效率의 応答性

회선상의 한 프레임(Frame)을 잡아 전송효율을 한 프레임(Frame)의 전 비트(Bit)數에 처한 有効 情報비트數이라고 정의하면, 동기방식 및 에러 제어방식에 의해 무효 비트(Redundant Bits)수 즉 전송효율이 정해지므로 두 방식에 있어서 전송 효율상 本質的인 差異는 없다.

그러나 실제적으로 CDT 방식에 있어서는 패리티(Parity), 反轉傳送, nCm 등을 조합한 에러 검출방식을 채용하여 傳送效率는 40% 정도가 되나, 문의방식은 CDT 방식보다 後에 개발된 방식으로 効果的인 에러 검출방식을 채용하고 있으므로 전송방식은 문의방식이 效率가 높게 된다.

또한 응답성, 예컨대 子局에서 狀態 變化가 發生하고 나서 RCC로 인식되기 까지의 時間은 分明히 差異가 있다.

即 CDT 방식에 있어서는 주기적으로 정보가 전송되고 있으므로 한 주기 시간의 半이 平均 지연시간이 된다.

한편 문의방식에 있어서는 親局에서 子局으로 狀態 變化의 有無를 문의하면 狀態 變化된 情報만을 傳送할 수 있으므로 평균 지연시간은 CDT 방식보다 짧게 되어 応答性은 문의방식이 우수하다.

4. 회선 구성의 兪통성

CDT 방식에 있어서는 親局으로 부터의 수신회선과는 獨立的으로 送信회선에 의해 情報를 보내고 있으므로 個個의 子局에 전용 송신회선이 必要하다.

문의방식에 있어서는 親局的 문의에 응답하여 子局이 정보를 전송하므로 친국이 1회선상에 접속되어 있는 個個의 子局的 응답개시를 제어할 수 있어 멀티드롭(Multi Drop) 구성이 可能하다.

따라서 회선 構成의 兪통성은 문의 방식이 우수하다.

5. 技能의 可變性

CDT 방식에 있어서는 子局的 情報는 親局에 일방적으로 전송하기 때문에 정보 전송기능이 制限되는 경우가 있다.

문의 방식에 있어서는 親局, 子局 相互間에 応答을 確認하는 방식을 채용하고 있으므로 CDT 방식에서는 볼 수 없는 技能, 예를들면 다운라인 로딩(Downline Loading), 시각부 상태변화 정보의 傳送과 같은 技能을 추가할 수 있다.

6. 보수성

두 방식에 있어 보수용 접사기를 使用하여 보수할 수 있으므로 큰 差異가 없다.

7. 經濟性

원방 감시제어장치에 마이크로(Micro)프로세서를 채용하게 됨에 따라 두 방식에 있어서 부품수 및 구성이 거의 같으므로 價格에 큰 差異가 없다.

또한 國際的으로 문의 방식이 일반적으로 채택되고 있어 제작자의 수는 CDT 방식에 비해 많으므로 문의 방식이 유리하다.

다. 電算機의 利用方式

發·變電所의 集中制御所에 있어서 電算器와 원방 감시제어장치가 어떻게 기능을 분담하느냐에 따라 원방 감시장치 기능의 일부를 중복하여 전산기에도 갖도록 한 CASC(Computer Aided Supervisory Control) 방식과 원방감시제어 장치 기능의 거의 전부를 전산기가 갖도록한 CBSC 방식으로 구분될 수 있다.

두 방식의 구성도는 그림 4에 나타나 있으며 두 방식의 特徵에 대해 아래에 記述한다.

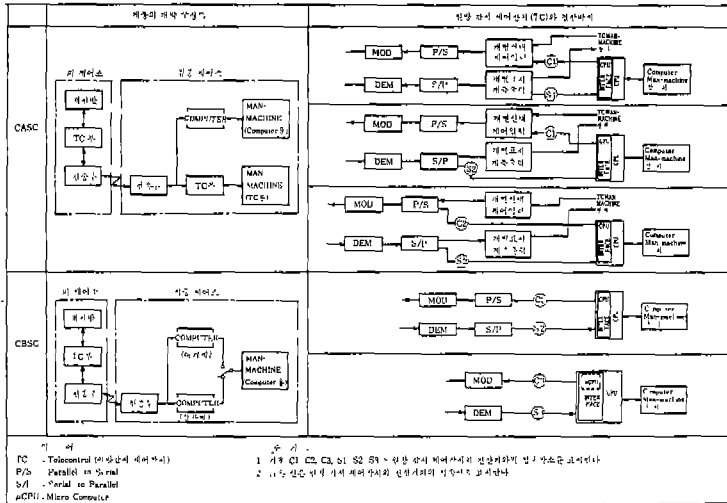
1. CASC 방식

원방 감시제어장치를 使用한 集中 制御系統에 전산기를 추가한 것으로 전산기 정지시에도 원방 감시제어 장치에 의해 制御가 可能하며 종래로 부터 있어 은 制御所에 새로이 기능을 추가할 때 주로 채택된다.

2. CBSC 방식

監視制御 內容을 프로그램으로 변경하는 것이 可能하므로 兪통성이 풍부하며 전산기 고장시에는 원방 감시제어 기능을 전부 잃게 되므로 Back-Up 방식을 고려할 必要가 있다.

대형 집중제어소를 세울 경우 또는 새로운 제어소를



〈그림-4〉 CASC, CBSC의 구성도 및 TC와의 결합방식

만들 경우에 주로 채택되고 있으며 一般으로 常用系의 電算機가 정지될 경우 待期(Back-Up)用 電算機로 轉換되는 방식이 使用되고 있다.

라. 電算機의 構成

電力系統 및 設備의 集中制御所에 使用되는 電算機 系統의 構成으로서는 다음과 같은 방식이 있으며, 各 방식의 比較表는 表2에 나타나 있다.

1. 單一 (Single) 방식

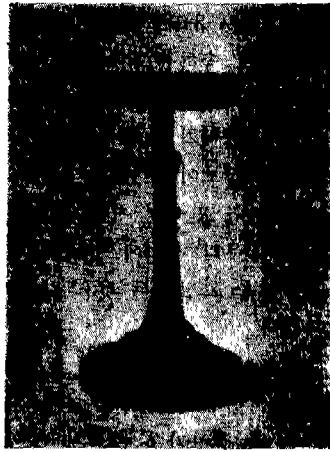
電算機 1대로 모든 처리를 한다. 電力관계에서는 원 방계측 및 資料取得(TADA: Telemetry and Data Acquisition) 系統의 경우 주로 使用된다.

전산기의 고장으로 계통 운전이 정지되므로 重要한 장치에 대해 감시제어 기능을 가진 Back Up장치를 設置하는 것이 一般적이다.

〈표-2〉 전산기 계통의 구성 비교표

방식 항목	단일 (Single) 방식	부하분담 (Load Share) 방식 *대기예비 (Duplex) 방식도 거의 같다	병렬운전 (Dual) 방식
계통의 가동률	1대의 전산기 계통 고장에 의해 전 기능이 상실된다.	2대의 전산기 중 1대는 상용계 다른 한대는 대기제로 있으므로 1대가 고장난 경우 다른 한대의 대기계가 있으므로 가동률은 높다.	항시 2대의 전산기는 상호 결과를 조합하여 제어출력을 내므로 1대가 고장난 경우에도 다른 1대는 그 기능을 계속하고 있으므로 가동률은 높다.
계통의 신뢰도	병렬운전 방식보다 낮다.	단일 (Single) 방식과 같다	전산기 상호간에 결과를 비교하므로 제어 출력의 신뢰도는 높다.
처리성	전산기가 독립되어 있으므로 보수는 용이하다	전산기 사이의 연결, 주변장치 전환스위치를 공유되는 장치의 보수시에는 주의를 해야만 한다	전산기는 상호 밀접히 결합하고 있으므로 보수시에는 주의를 해야만 한다.
경제성 (가격 비율)	1대의 전산기 하드웨어와 소프트웨어가 있으므로 가격적으로 가장 싸다. (5)	단일 (Single) 방식보다 1대의 전산기의 하드웨어와 상호 결합용 소프트웨어 비용이 추가된다 (10)	부하분담 (Load Share) 방식보다 비교조 합장치와 동기화 소프트웨어 비용이 추가된다. (20)

(35p로 계속)



〈그림-17〉 漢代의 青銅燭台

〈그림-16〉 雙楹塚壁面에 그려진 燭奴의 모습

때문에 符油를 그대로 태웠는지 또는 그 時代의 燈臺에 燈心의 사용이 아직 普及되지 않았는지의 與否는 앞으로 研究하여야 할 興味있는 課題라고 생각된다.

기름을 燃燒하여 照明을 함에 있어서는 最初에는 雙楹塚 壁面에서 처럼 기름 그 自体에 불을 點火하였고 그 다음 段階에서 燈心을 利用하는 것을 배워 武寧工 陵의 燈臺처럼 접시나 종지에 기름을 넣어 그 안에 심지를 적시어 심지의 毛細管作用을 利用, 그 끝 部分에

點火하였다.

이러한 過程은 世界燈火 發達過程의 하나의 必然的인 定型이기 때문이다.

그림 17의 漢代 青銅燭台는 黃海道 鳳山郡 沙里院 부근의 漢代遺蹟에서 出土한 것으로 傳해지고 있는 것으로 역시 京電燈火史料室에 收藏되었던 것이다.

그 燭臺에는 「新」의 王莽時代의 鑄造인 貨泉의 形狀을 나타내고 밑의 臺座에는 「東方」을 表徵하는 3개의 青龍을 配하고 있었는데 後漢末期의 作으로 推定되었던 것이다.

이 燭臺의 中央에는 貨泉의 文樣이 陽刻되어 있고 蠟燭을 세우는 突起가 없을 뿐아니라 燭臺로서는 불필요할 정도의 넓이와 깊이를 지니고 있었는데 그것은 蠟燭을 세우는 대신에 그 盤上에서 符油를 燃燒시켜 照明의 구실을 하게 하였다고 보아야 할 것이다.

그러므로 壁面의 盤上에서 타고 있는 불의 모양이 蠟燭이 아니고 符油가 타고 있는 불의 모양을 나타내고 있는 것도 理解할 수 있을 것이다.

그런데 高句麗以前 漢代에 소급하면 그 時代의 燈臺에는 이와 같이 盤面이 넓고 相當한 깊이를 가진 것이 하나의 特徵이었는데 이 사실은 燈火의 發達過程을 研究하는데 좋은 示唆가 될 것으로 여겨진다.

따라서 이 高句麗 雙楹塚의 壁面은 燈火의 發達 研究上 극히 귀중한 史料라고 하겠다. (다음호에 계속)

—〈24p에서 계속〉—

2. 並列運轉 (Dual) 方式

이 系統에서는 2대의 전산기가 같은 처리를 실행하고 이 結果가 비교 조합되어 結果가 나오게 된다.

出力을 비교조합하기 爲해서는 電算機 相互間을 同期化할 必要가 있으며 처리성은 低下되나 系統의 信賴度는 높다.

이 方式은 高度의 技術로서 비교조합해야 하므로 價格이 매우 높게 되어 特殊한 用度로 利用된다.

3. 待期豫備 (Duplex) 方式

이 系統에서는 2대의 전산기중 1대가 상용계로 되어 온라인 처리를 하며 다른 1대는 대기계로서 상용계가 고장날 경우를 대비하여 대기하고 있다.

대기계는 계통절환 時間을 단축시키기 爲해 상용계와 똑같이 恒時 制御대상으로 부터의 데이터를 받고 있다.

並列運轉 (Dual) 方式과 比較하여 처리능력의 저하가 없으므로 經濟的으로 妥當하고 電力關係 應用에 많이 사용되고 있다.

4. 負荷 分擔 (Load Share) 方式

2대의 전산기中 한대는 常用系, 다른 한대는 대비계로 되어 있어 대기 예비 방식과 같은 모양으로 되고 있으나 2대의 전산기가 견재할 경우에는 처리성의 향상을 위해 처리를 分擔하는 方式이다. 最近 電力關係의 應用에 많이 사용되고 있는 方式이다.