

코 제너레이션 시스템의 全部

Co-Generation System

〈上〉

金善慶

大韓電氣協會

電氣使用合理化 專問委員

序 論

石油를 둘러싼 여러가지 複雜多岐한 狀況에 놓여 있는 우리나라 에너지 現況은 經濟發展面이나 安全保障의 立場에서도 石油의 代替와 에너지 使用合理化의 重要性은 점차 늘어난다고 보아야겠다. 當局에서도 中東의 石油依存度를 줄이기 위하여 原子力發電의 增大, LNG·石炭等의 輸入先을 分散하는 施策을 펴 나가고 있는 것을 볼 수 있다.

石油代替 에너지로서 原子力, 石炭等은 國家의 에너지 供給의 根幹이 되는 燃料이다. 이 原子力發電所나 石炭火力發電所는 모두 변두리에 位置하고 엄중한 環境管理, 安全管理下에 安定된 電力供給을 하고 있다.

한편 最近 導入되어 使用되고 있는 LNG와 같은 高級燃料가 大型火力發電所에서 사용되는 것은 매우 안타까운 일이다. 이는 巨大한 發電所 시스템을 補完하는 中小 高効率 시스템에 사용

되어야할 貴重한 燃料인 것이다. 베이스로드(Base Load)를 이루는 巨大한 시스템에다 피크로드(Peak Load)를 줄여 주는 中小의 電力이나 熱·가스를 生産하는 시스템이 有機적으로 連結되는 시스템, 즉 巨大集中 시스템과 小型分散 시스템이 컴비네이션(Combination)을 이룰 때 가장 效率이 좋은 에너지 供給 시스템이라 할 것이다.

1. 코 제너레이션 시스템이란

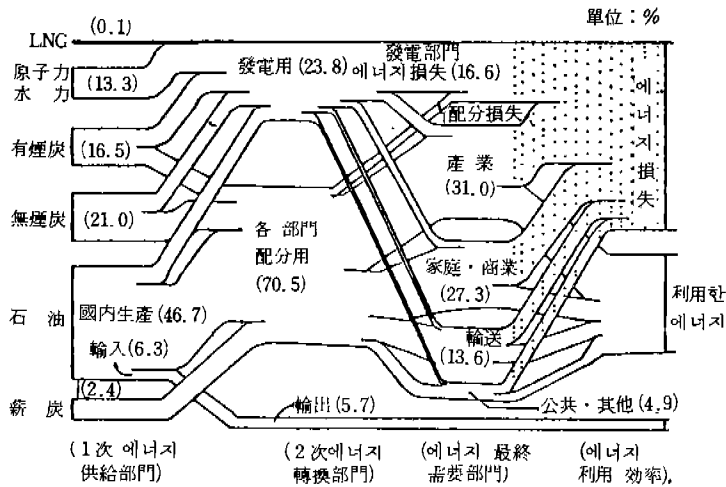
코 제너레이션 시스템(Co-Generation System)이란 電氣와 熱을 同時に 供給하는 分散型 電源으로서 熱併合發電이라고도 하며 가스엔진, 가스터빈, 디젤엔진 등의 動力을 使用하여 發電機를 돌려 發電을 함과 同時に 發生하는 廢熱로 시스템이나 温水로서 有效하게 利用함으로써 綜合的인 에너지 效率을 올리는 매우 훌륭한 시스템이다.

에너지의 供給과 消費에 對한 흐름을 살펴 보면 供給 에너지의 40% 程度만 有効하게 利用되며 半以上은 損失로 나가고 있다. 美國의 경우 有効 에너지 比率은 32.2% (1984年), 日本의 경우도 41.4% (1978年)로 낮게 나타나고 있다. 우리나라에서는 大規模工場에서는 導入된 例가 있으나 最近 注目되는 것은 이 시스템을 都市의 民生用的 에너지 需要에 對應코자 하는 경향이 있어 매우 注目되는 시스템이라고 본다.

에너지는 不滅이고 高温에서 低温으로 不可逆的으로 흐른다. 自体는 결코 원래대로 돌아가지

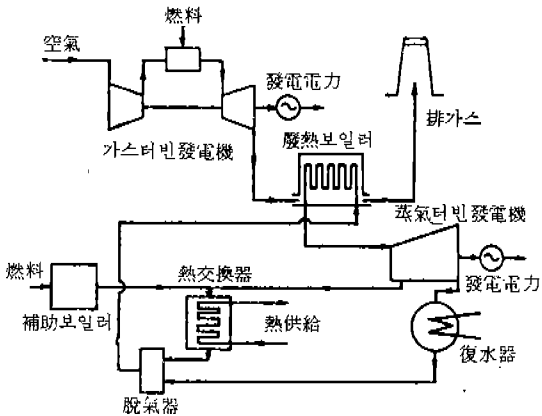
않는다. 最近 자주 再生可能한 에너지라는 말이 쓰여지나 에너지는 再生不能인 것이다. 따라서 熱은 생겼을 때의 高温에서부터 常温으로 내려 오는 사이 이를 모두 使用하여야 한다.

化石燃料의 燃焼나 核燃料의 分裂에서 생기는 高温의 熱 에너지, 즉 같은 熱中에도 퍼텐셜(Potential)이 높은 高級 熱에너지를 그대로 使用하는 프로세스는 鐵鋼, 시멘트, 窯業等의 産業界에 限定되어 있으므로 高温의 熱은 우선 熱機關에 의해서 可能한 限 效率의으로 따로 利用하기 쉬운 에너지 形態로 變換시켜 놓고 最後에 어



〈그림 1〉 에너지 흐름도 (1986)

〈표 1〉 가스 및 디젤엔진의 비교



〈그림 2〉 가스터빈·콤바인드 사이클

項目	機種		
	가스엔진	디젤엔진	
使用 燃料	가 스	輕油 또는 A重油	
性 能	効率(機關軸端)	30~33%	33~38%
	速度變動率	디젤보다 적다	가스터빈보다不良
	始動時間	15秒以內	15秒以內
	振 動	디젤보다 적다	많 다
	주위조건에 의한 出力制限	多少影響있음	거의 없다
價格 保守 費	價 格	디젤보다 약간 비싸다	싸 다
	保 守 費	디젤보다 싸다	비 싸 다

떻게도 할 수 없을 때 低温의 熱 에너지로 프로세스 暖冷房, 給湯等の 熱源으로 利用하는 것이 理想的이다. 最近까지 이와 같은 에너지의 綜合的 利用 시스템은 開發이 안되었었다. 에너지 使用 合理化라 하면 바로 廢熱回收를 든다. 200℃ 程度以下の 低温의 熱回收도 重要하지만 意外로 看過할 수 없는 것이 高温部의 熱의 回收이다.

높은 곳에 댐을 만들고 물이 바다까지 흘러내려가는 過程에서 높은 곳으로부터 順次的으로 水力發電所를 만들어 물의 落差를 利用하여 發電하고 있는 것은 周知의 事實이다. 熱도 落差대신 溫度差인 것이나 熱쪽은 溫度가 높은 곳으로부터 順次的으로 利用되는 技法이 實行이 안되고 있다.

燃料에 불을 붙이면 熱機關에 의하여 熱을 一旦 動力으로 變換시켜 發電機 또는 Pump, 壓縮機等の 구동에 쓰고, 다음 그 排熱을 熱로서 加熱시키든가 暖房 또는 給湯等に 利用한다면, 예를 들면 各家庭에서도 都市 가스에 불을 붙여 먼저 가스엔진이나 가스터빈을 驅動하여 發電機나 壓縮機를 돌리고 히트펌프로 冷暖房을 합과 同時에 排 가스나 엔진 冷却水의 熱을 利用하여 給湯을 하도록 한다. 高温部는 動力으로, 低温部는 加熱用으로 熱 에너지를 利用하는 시스템을 CES (Community Energy System), CHP (Combined Heat and Power) 등으로 부르거나 最近에는 코 제너레이션이라 呼稱하게 되었다.

2. 코 제너레이션 計劃時的 檢討事項

가. 導入目的의 파악과 電力과 熱의 均衡

코 제너레이션의 分類方法에는 熱主導型和 電力主導型이 있다. 企業의 種類에 따라 導入目的이 다르다. 生産工場等은 多量의 熱負荷(蒸氣温水)를 必要로 하는 곳이 많다. 이 때에는 排熱回收量이 큰 시스템의 機種을 選定하여야 하나 이때 發生하는 電力은 特殊한 事情이 없는 限 他人에게 讓渡할 수 없다. 한편 業務用에서는 電

力主導型일 때가 많으나 發電量에 比하여 發生하는 熱量이 많기 때문에 熱의 有効的인 利用이 안될 때는 過剩設備가 되는 수가 있다. 또 電力負荷도 季節이나 하루의 時間帶에 따라 變化하므로 發電機도 單機로 하느냐 複數臺로 하느냐를 檢討하여야 한다. 要는 電力과 熱의 밸런스의 檢討가 가장 基本的인 根幹이 된다.

나. 燃料의 種類와 原動機의 選定

코 제너레이션의 計劃에 있어 큰 比重을 차지하는 것으로 燃料과 原動機가 있다. 現在 考慮되고 있는 시스템은

- (1) 디젤엔진
- (2) 가스엔진
- (3) 가스터빈
- (4) 燃料電池

등이 있으나 燃料電池는 開發途上에 있어서 實用化에는 앞으로 몇 10년이 필요하리라고 본다.

따라서 (1)~(3)의 種類에 限定된다고 볼 수 있으나 各己의 시스템에는 特徵이 있어 서로 一長一短이 있다.

디젤엔진은 機器의 信賴性, 保守性, 코스트面에서 많은 장점이 있으나 燃料의 輸送 保存과 公害對策에 문제점이 있다.

가스엔진은 燃料(LNG)의 補給을 받을 수 있는 地域이라야 하나 公害問題가 없고 排熱量이 많은 利點이 있는 反面 機器의 性能, 코스트面에서 不利하다.

가스터빈은 冷却水의 不必要, 많은 排熱量等の 利點이 있으나 多量의 燃燒用 空氣의 補給과 排氣等に 問題點이 있고 連結되는 發電機의 效率이 나쁜 點이 있다.

또 連結되는 發電機의 容量面에서 볼 때 綜合的으로 50~80kW 以內에서는 (1)과 (2)가 좋고 1,000kW 以上은 (3)이 優位에 있다.

共通點은 모든 原動機가 負荷率이 100%일 때가 가장 좋으며, 3/4, 2/4, 1/4로 變化될 때마다 低下하므로 運轉形態를 잘 考慮하여 결정하

여야 한다. 또 回轉機이기 때문에 (1), (2)에 對하여는 低回轉일수록 故障率이 적고 保守性도 좋다.

다. 發電機의 種類

發電機의 機種에는 同期發電機와 誘導發電機가 있다. 同期發電機는 單獨으로 發電이 되므로 非常用發電源으로도 利用되며 또 複數臺를 設置하여 受電電源과 系統連系하기도 容易하다. 誘導發電機는 코스트面에서는 큰 利點이 있으나 始動條件과 電壓變動, 特히 瞬時電壓 降下時에 注意하여야 한다.

라. 發電機의 容量과 仕様

코 제너레이션의 良否를 決定하는 重要한 要素로 發電機의 容量決定이 있다. 發電機 容量의 設定은 導入目的에 左右되나 다음 두가지로 大別된다.

(1) 電力負荷의 피크컷(Peak Cut)를 위한 것과 (2) 베이스 로드(Base Load)를 커버하는 것이 있다. 코 제너레이션의 經濟性을 評價하려면 發電機의 運轉時間이 긴 것이 論點이 되나 動力負荷는 一日을 보아도 週間이나 月間 또는 季節의으로 보아도 항상 變化하고 있다. 따라서 實績 데이터를 整理, 分析하여 (新設時는 負荷曲線을 想定) 신중히 할 必要가 있다. 우리나라는 氣候, 風土上 負荷의 피크가 夏節이 되나 그 期間은 3~4 個月에 不過하다. 따라서 運轉時間이 짧은 오피스빌딩이나 百貨店等은 피크컷를 主眼點으로 하는 것이 效果의이다. 其他 業種에서는 電力負荷의 狀況과 排熱量의 利用率等을 綜合하여 決定하여야 할 것이다. 定格에 對하여는 常用運轉이므로 回轉數가 낮고 燃料消費率이 좋은 것을 選定하여야 할 것이다.

3. 發送電 系統構成 및 保護方式

가. 電力系統의 概要

現在 韓電의 電力系統은 345kV 系統에서부터 100/200V의 低壓 配電系統에 이르기까지 標準的인 階級이 여러 種類로 나누어져 있으나 여기서는 主로 코 제너레이션 시스템(CGS)이 導入되어 있는 22.9kV, 6.6(3.3)kV 系統에 對하여 그 概要를 記述한다.

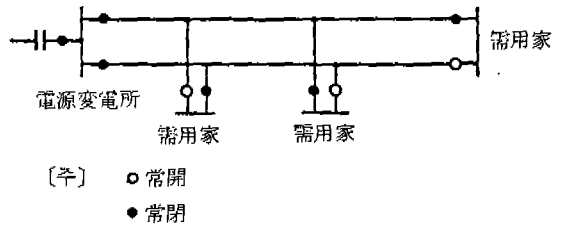
(1) 22.9kV 系統

(가) 2回線 本線 豫備線方式

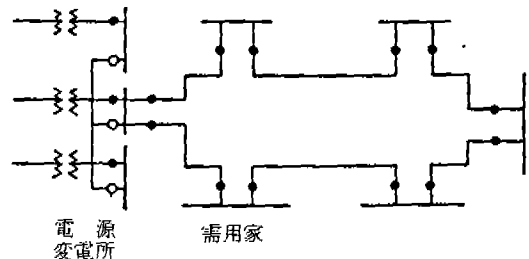
2回線의 放射線形式의 피더(Feeder)에서 本線 및 豫備線으로 受電하는 方式으로 本線이 停電되었을 때에 需用家 自体内의 事故가 아니고 또한 豫備線路에 電壓이 걸려있는 條件으로 豫備線路에서 受電用遮斷器를 轉替하는 受電 시스템이다(그림 3 參照).

(나) 루프方式

同一發電所를 電源으로 하는 루프線路를 形成하여 送電하는 方式으로 事故時는 파일릿와이어 릴레이(Pilot Wire Relay)方式으로 事故區間을 判別하여 該當 區間만을 分離하여 需用家에게 停電없이 供給하는 시스템이다(그림 4 參照).



〈그림 3〉 2회선 本線, 豫備線方式의 概念圖



〈그림 4〉 Loop方式의 概念圖

(다) 스포트 네트워크 방식

同一 變電所를 電源으로 하는 2~4 回線의 22.9kV 配電線에 의하여 需用家에 常時 供給하는 方式으로 都心地等に 適用되고 있다. 配電線 中에 1回線이 停電되어도 全負荷에 停電없이 供給되는 信賴度가 높은 供給方式으로서 尙차 韓電에서 適用할 것을 檢討하고 있다(그림 5 參照).

(2) 6.6(3.3)kV 系統

이 電壓系統은 서울市內 中心部 一部와 其他 地方에 약간 供給되고 있으나 앞으로 22.9kV 로 昇壓될 것이 豫想된다.

系統構成은 多分割 連系를 標準으로 하고 事故時 事故區間의 健全區間은 連系配電線을 活用하여 送電한다.

連系配電線은 該當配電線과 同一 變電所의 同一 뱅크(Bank)의 경우에도 있지만 變電所側 事故等도 고려하여 다른 뱅크 다른 變電所에서 引出된 配電線으로 하는 것을 指向한다. 事故時 도는 作業時 等の 轉替에 있어 電源系統이 變化되는 경우가 있다(그림 6 參照).

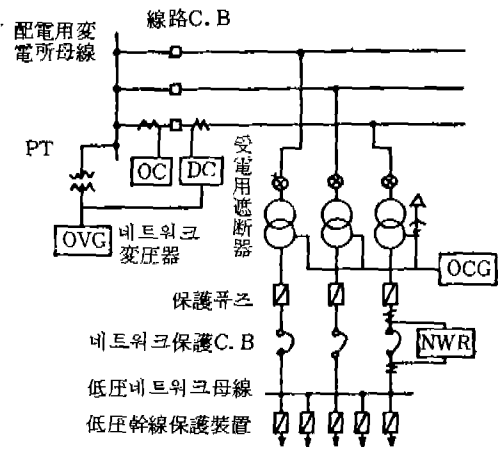
나. 發電設備의 制御

(1) 發電方式

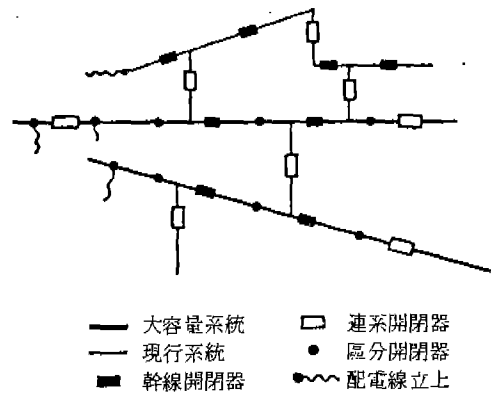
發電方式은 基本的으로 다음과 같은 세 가지 方式으로 分類된다.

- CVCF (定電壓 定周波數) 方式
- VVVF (可變電壓 可變周波數) 方式
- CVVF (定電壓 可變周波數) 方式
- (가) CVCF 方式

가장 一般的으로 쓰이는 電力供給方式으로 工場이나 빌딩, 家庭等に 供給되고 있는 電源과 같이 電壓이나 周波數가 거의 變動하지 않는 것이다. 自家發電設備에서는 發電機의 勵磁系에 自動電壓調整器(AVR)를, 原動機에는 速度調整器(Governor)를 整備하여 發電機出力側을 定電壓 定周波數로 維持되도록 한 方式이다.



<그림 5> 스포트 네트워크 방식의 構成圖



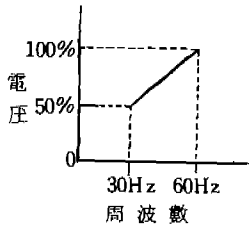
<그림 6> 架空配電系統의 概念圖

따라서 이 方式은 어느 種類의 負荷에도 安心하고 適用시킬 수 있다.

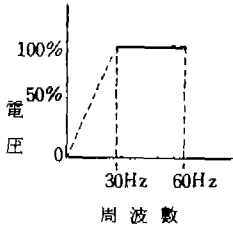
(나) VVVF 方式

原動機의 速度를 變更함으로써 그림 7 과 같이 周波數를 어느 範圍(例를 들면 30~60Hz)內에서 任意로 調整하여 이 周波數에 比例한 電壓을 發生시키도록 한 것으로 靜止 인버터의 特性이 이와 類似하다.

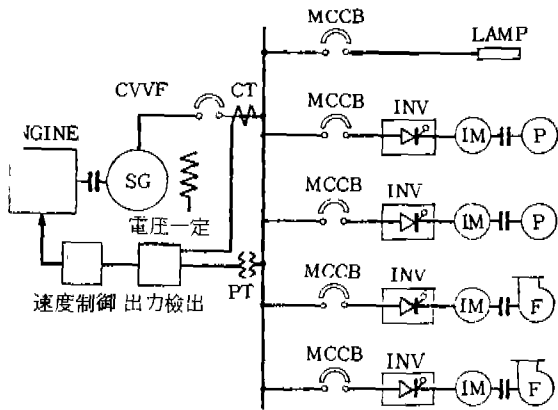
發電機의 勵磁方式이란 點에서 CVCF 方式과 다른 點은 通常의 電壓一定制御에 대하여 V/F 比例 루프도 必要로 하는 것이다. 그림 8에 表示하는 바와 같이 回轉機에 장치된 速度檢出器



〈그림 7〉 VVVF 特性



〈그림 9〉 CVVF 特性

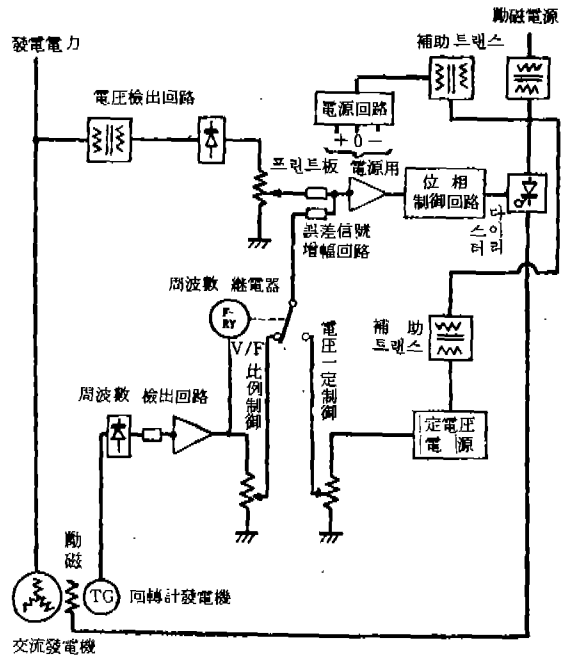


SG : 同期發電機
 F : 送風機
 IM : 誘導電動機
 P : 펌프
 INV : 인버터

〈그림 10〉 CVVF 發電方式의 例

에서의 아날로그 信號를 增幅하여 AVR의 位相 制御回路에 보냄으로써 電壓設定值를 제어할 수 있다.

이 方式에서는 周波數가 不變하기 때문에 指示計器의 精密度, 計器用變成器 (CT, PT)의 定格負擔 保護繼電器의 動作特性等에 對하여 充分한 檢計가 있어야 한다.



〈그림 8〉 V/F一定發電機의 AVR 勵磁方式

또 發電機의 勵磁用電源이나 補助機器用 電動機電源, 照明設備用 電源을 別途 定電壓 周波數의 것을 準備하여야 한다.

(다) CVVF 方式

CVVF 方式과 VVVF 方式의 中間方式으로, 發電機電壓을 항상 일정하게 維持하면서 周波數는 原動機速度를 變更하여 任意로 調整하는 것으로, 그림 9에 그 特性의 一例를 表示한다.

이 方式은 그림 10에 表示하는 바와 같이 各 己의 電動機에 静止形 인버터 (Inverter)를 設置하여 發電機에서 인버터까지는 定電壓 周波數로 給電하고 인버터의 出力側은 個個의 負荷에 따른 電壓·周波數 (V/F一定)를 一定하게 함으로써 各 己 個別의 負荷의 制御를 한다.

(2) 制御方式

CGS用 發電設備의 運轉方式에는 前述한 바와 같이 基本的으로 세가지 方式이 있으나 一般的으로는 複數臺의 發電機群은 普偏의 方式으로 CV

냉방기능은 물론 필요한 경우 난방기능을 갖도록 할 수 있는 새로운 형태의 에어컨디셔닝 장치가 개발되었다. 이 Qualitair Excel은 전기 기계식 또는 전자식의 어느 제어방식이라도 채택할 수 있도록 설계되어 있다. 장치는 단순히 냉방기능만 갖는 기종도 있으나, 여기에 전기적인 가열부품을 부가시키거나 저압파이프로 연결된 중앙난방시스템과의 접속을 위해 급수코일을 채택함으로써 장치가 일년 내내 온도 조절기능을 갖도록 할 수 있다.

최상급기종인 열펌프 이용장치는 더운 기후일 동안은 냉방기능을 발휘하나, 동절기에는 역(逆)의 프로세스를 통해 경제적으로 난방효과를 나타낸다. 이때 외부로부터 흡수한 열이 혹한기후 조건에서도 효과적으로 활용되며, 장치의 효율은 1KW의 전력입력으로 보통 2KW 이상의

열출력이 발휘되는 정도이다. 이것은 동절기 동안의 난방 경비를 대폭 감소할 수 있음을 의미하며, 하절기의 냉방비도 마찬가지로 절감되는 것이다.

Excel에 부착된 전자식 제어장치는 24시간 연속의 프로그램식 기억 제어 기능을 가지며 7단계 구동식의 팬 및 온도 조절기기를 내장하고 있다. 특히 유용한 특징은 필요한 경우 제어장치를 벽면에 간단히 부착할 수 있는 점이다. 에어컨디셔닝장치 그 자체는 건물의 특성에 조화될 수 있도록 벽면, 천장 등 어느 곳이나 설치할 수 있다. Excel은 다양한 규격으로 생산되고 있으며 냉방용량은 2.64~7.00KW, 난방용량은 최고 8.1KW까지의 범위에서 임의로 선택할 수 있다.

CF方式을 採擇하고 이에 여러가지 制御機能을 附加함으로써 電源으로서의 信賴性을 向上시키는 傾向이 있다.

複數臺의 發電機群의 制御로서 主된 項目을 열거하면 다음과 같다.

- (가) 運轉臺數制御
- (나) 同期投入制御
- (다) 有効電力制御
- (라) 無効電力制御
- (마) 故障機自動解列
- (바) 負荷優先遮斷 制御

(가) 運轉臺數制御

① 優先順位法

各發電機에 優先順位를 정해 항상 順位가 앞서는 것부터 運轉하는 方法

② 循環法

예를 들면 4臺의 發電機일 경우 1號→2號→3號→4號→1號→2號와 같이 循環시켜 運轉時間을 平準化시키는 方法

③ 最遠法

停止되어 있는 發電機中 가장 먼저 停止되어 있는 것을 다음 始動機로 하는 方法

④ 運轉時間法

各發電機의 運轉時間을 컴퓨터로 카운트하여 그들이 될 수 있는 限 均一하게 되도록 始動 停

止機를 決定하는 方法

⑤ 電力量法

各機의 積算電力量을 均一하도록 하는 方法

(나) 同期投入制御

運轉中인 發電機의 電壓·周波數에 對하여 後發機의 電壓·周波數를 같게 하도록 制御하여 同期投入을 한다.

(다) 有効電力制御

並列運轉하고 있는 發電機群이 各己의 定格出力에 比例한 有効電力을 分擔하도록 原動機의 거버너 (Governor)를 制御한다.

普遍的으로 設置되어 있는 發電機群은 同一定格이기 때문에 發電機 相互間에는 有効電力이 均等하게 分擔된다.

또 受電電源과 並列運轉을 할 경우에는 發電機群을 有効電力 一定制御로 함으로써 效率이 높은 곳에서 運轉이 되도록 할 수 있다.

(라) 無効電力制御

並列運轉을 하고 있는 發電機가 定格出力에 比例한 無効電力을 分擔하도록 各發電機의 AVR를 制御한다. 前述한 有効電力制御의 機能과 綜合하면 各發電機의 力率은 같아지도록 制御된다

(마) 故障機 自動解列

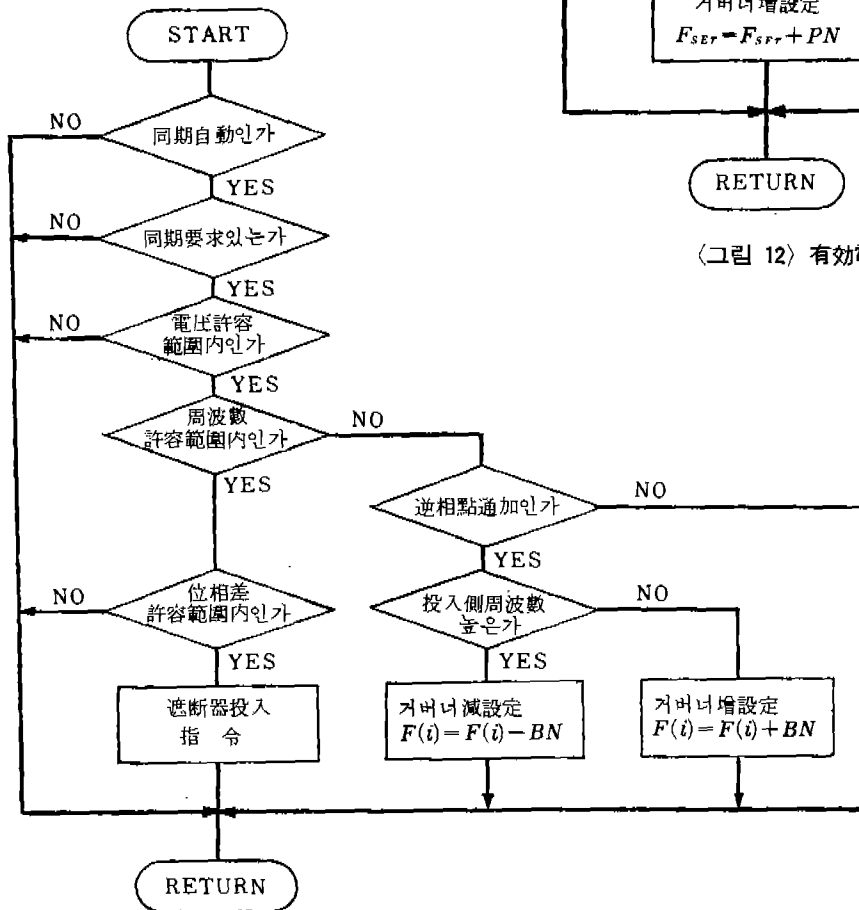
單獨運轉하는 發電機를 보면 그 故障現象은 大部分 過速度, 低速度, 過電壓, 不足電壓等 各己

保護繼電器로부터 檢出되어 保護되고 있다. 그러나 이들이 並列運轉中에 發生하면 健全한 機側에서 電壓이나 周波數를 커버하기 때문에 어느 것이 故障機인지 判別이 곤란하게 된다.

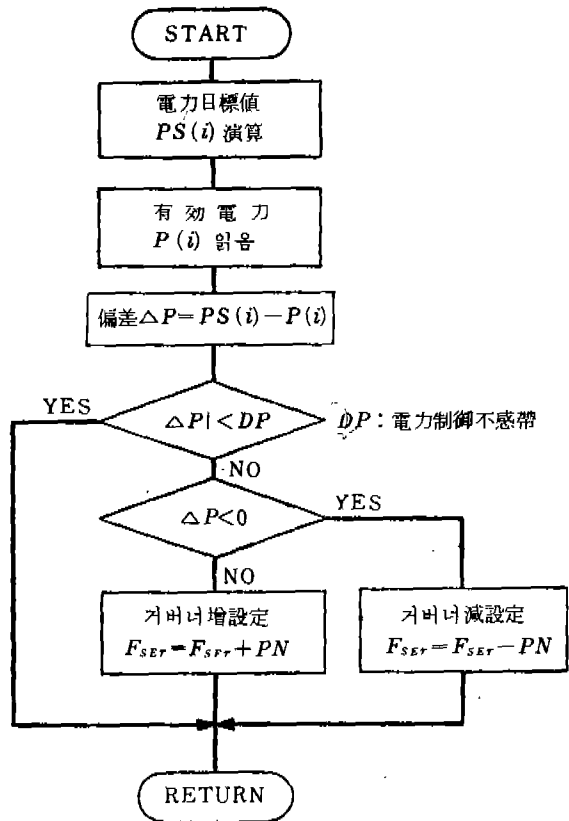
이를 橫流의 方向, 故障이 發生하기 數秒前의 電壓, 周波數의 推移에 의하여 正確하게 故障機를 判別하여 故障의 影響이 波及되기 전에 故障機만을 解列하는 制御方式이다. 또 다음 項의 優先 遮断制御를 同時에 行한다.

(바) 負荷優先遮断制御

負荷群을 重要負荷와 非重要負荷로 나누어 發電機의 事故時는 非重要負荷를 優先的으로 차단하여 發電機의 過負荷를 방지하고 重要負荷에의 給電을 繼續시킨다.



(그림 11) 同期投入制御 플로우



(그림 12) 有効電力制御 플로우