

\* 白榮基, \*\*尹甲求, \*\*韓永錫  
\* 韓國電力公社, \*\*에이스 技術團

Design Considerations for Cogenerating  
in Parallel with the Utility

\*Young-Ki Beak, \*\*Kap-Koo Yoon, \*\*Yong-Suk Han  
\*Korea Electric Power Corp., \*\*ACE Engineering, Inc.

**Abstract.** This paper describes requirements for cogenerating in parallel with utility. Cogenerating is the simultaneous generation of energy in two or more forms, usually electricity and heat. Cogeneration is most energy efficient when generating in parallel with the electric utility, but requires proper control and protection. When onsite generation and utility systems are operated in parallel, there are many factors, such as operation mode, point of connection, grounding, synchronization, protective relaying, metering, and the like, that must be considered to provide safe and efficient operation.

序 論

코제너레이션은 熱과 電氣를 동시에 공급하는 분산형 전원으로서 제례식에 비하여 높은 종합효율을 달성하는 종합에너지시스템 (TES: Total Energy Systems)이다. 一般電力系統과 並列運轉하는 코제너레이션은 安全과 效率運轉상 發電機의 적용과 接地, 保護繼電方式 및 電氣計器의 적용등 여러 요소들을 設計에 고려 해야한다.<sup>1-3)</sup>

가. 코제너레이션의 特徵

發電專用方式과 비교해보면 다음과같은 장단점이 있다.<sup>1)</sup>

(1) 長点

- ① 建設期間이 짧아 需要變動에 대응하기 쉽다.
- ② 에너지 利用效率를 높일 수 있다.
- ③ 需要地에 인접되어 送電損失이 낮다.
- ④ 公害방지설비 設치가 쉽고 用地가 절약된다.
- ⑤ 폐기물등 低級燃料 이용이 가능하다.

(2) 短点

- ① 初期投資費가 높다.
- ② 負荷從從運轉이 곤란하다 (특히, 地域暖房의 경우).
- ③ 事故, 補修停止에 대비한 별도의 予備設備가 필요하다 (일반전기사업자 電力의존 불가피).
- ④ 供給대상의 제한으로 運用탄력성이 낮다.

나. 코제너레이션의 具備條件

코제너레이션의 도입에는 一般電氣事業者로부터 予備電力을 확보 받는다는 전제아래 다음과 같은 조건이 구비되어야 한다.

- ① 熱負荷가 크고, 低圧이며, 平탄할 것.
- ② 사용燃料가 저렴할 것.
- ③ 最適設計를 통하여, 設치후 安全하고 效率높게 운전될수 있을 것.

1. 發電機의 適用

(가) 發電機의 適用

自家用 發電機의 適用은 同期發電機, 誘導發電機 및 同期인바타(inverter)등이 있으며, 코제너레이션은 同期發電機를 사용한다. (表1-1 참고)<sup>2)</sup>

(나) 發電機 容量

(1) 全負荷運轉 기준

$P_1 = \sum P_o \cdot \alpha / \eta_e \eta_g$  [KVA] ..... (式1-1)

$\sum P_o$ : 單獨運轉時負荷合計 [KW]

$\eta_e$ : 負荷의 종합效率

$\eta_g$ : 負荷의 종합力率

$\alpha$ : 需用率

(2) 許容電壓降下 기준

$$P_2 = P_m \cdot \beta \cdot C \cdot X_d' (1 - \Delta E) / \Delta E \quad [\text{KVA}] \dots \text{(式1-2)}$$

- P<sub>m</sub> : 最大容量의 電動機出力 [KW]
- β : 最大容量의 電動機 1KW當의 始動 KVA
- C : 始動方式에 의한 係數 (直入始動 1.0, Y-Δ始動 0.67)
- X<sub>d</sub>' : 發電機의 過渡 리액턴스
- ΔE : 許容電壓降下率 (일반으로 0.25)

表 1-1 發電機의 適用

區分	同期發電機	誘導發電機	同期인바타
用途	一般事業用, 火力, 水力, 風力, 波力, 湖力, 沼澤에너지선, Biomass, 非常用	小水力, 風力	太陽熱, 風力, 湖力, 波力
容量 (Kw)	小, 中, 大 (數十 ~ 數十萬)	小, 中 (數千)	小 (數千) 이하
運轉	並列, 單獨	並列	並列 위주
特 徵	○ 自動力率調整器 必要	○ 商用電源에 投入時 電壓降下 力率改善 必要	○ 自動力率調整器 必要

다. 發電設備의 運轉方式

(1) 回轉數制御方式

回轉數制御方式에 따라 기본적으로 表1-2 와 같이 3가지 方式으로 분류되는데 일반적으로 여러대의 發電機群을 定電壓定周波數 (CVCF) 方式으로 운전한다.<sup>1)</sup>

(2) 發電機의 運轉모드

發電機의 運轉모드는 그림1-1 과 같이 3가지로 나누어진다.<sup>1)</sup>

(가) 尖頭負荷運轉 (Peak cut 운전)

- ① 受電電力一定運轉: 發電機出力과 熱出力및 效率이 變動한다.
- ② 發電出力一定運轉: 發電機出力과 熱出力이 一定해서 熱效率도 높다.

(나) 基底負荷運轉 (Base load 운전): 常時 一定 出力으로 運轉하므로 運轉效率이 높다.

表 1-2 回轉數制御方式

區分	CVCF	VVVF	CVVF
電 壓	一定	可變	一定
周波數	一定	可變	可變
回轉速度	一定	可變	可變
發電機規模	보통	약간크다	크다
特 徵	○ 一般負荷 ○ 심한 低負荷에서 效率 저하	○ 電動機 損 ○ 照明, 電熱 動機 附近에 不適合 ○ 低負荷效率  높음	○ 周波數  대폭  변경시 誘導電  機  損 ○  일반  照明,  電熱  可  能

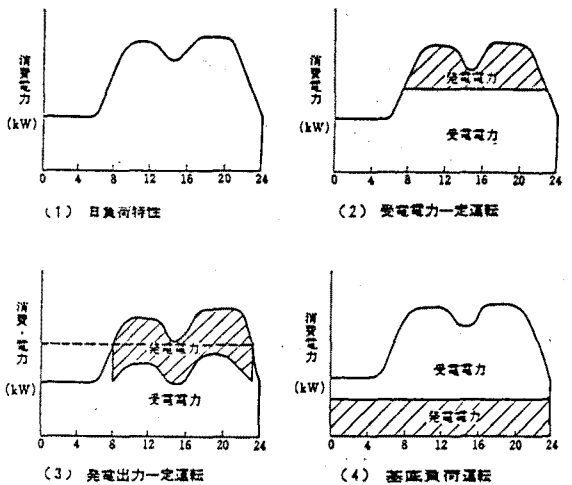


그림 1-1 發電機運轉모드

2. 系統連繫要件

가. 系統連繫技術要件

코제너레이션을 商用電源系統에 連繫시킬 때에는

① 供給信賴度 (停電 등), 電力品質 (電壓, 周波數, 力率 등) 면에서 다른 수용가에게 나쁜 영향을 미치지 않아야 하고,

② 公衆 및 作業者의 安全 확보와 전력공급설비 또는 다른 수용가설비의 보전에 나쁜 영향을 주지 않아야 한다.

日本 "코제너레이션 運營基準檢討委員會" 가 마련하여 1986. 8. 15 부터 실시되는 "系統連繫技術要件 Guide Line" 개요를 表2-1 에 소개 한다.<sup>1)</sup>

表 2-1 系統連系技術要件 Guide Line 의 개요

項目	技術的 要件	
設備	配電系統 連系	원칙적으로 2000kw 미만
容量	送電系統 連系	계통의 각전압별 契約電力의 상한범위내
電壓	常時 電壓變動	配電系統   101+6V, 202+20V (저압수용가)
變動	送電系統	常時電壓의 +1%정도
保護	瞬間電壓 降下	配電系統   常時電壓의 10%이내로 억제
協調	送電系統	
規格	사고(CGS수용가 구내사고, 連系系統事故, 상위 계통사고) 시, 또는 긴급시 등의 계통조작시에 CGS 가 확실하게 解列되는데 필요한 保護裝置를 전력계통과의 連系點에 설치할것.	
容量	短絡	CGS 의 연계에 의하여 계통의 短絡容量이 전력회사 및 다른 수용가의 遮斷器의 遮斷容量을 넘지 않을것.
力率	연계점에서의 力率이 85%이상이고 또 進力率이 안될것.	
連絡	전력회사와 CGS수용가 간에 保安通信用電話設備을 통하여 연락체제와 復旧體制을 정비한다.	

나. 供給電壓의 決定

供給電壓은 一般電氣事業者와의 最大契約電力을 기준으로 정하는데, 현재 한국전력공사의 신규수용 업무 처리지침에 의하면 表2-2 와 같다.<sup>1)</sup>

表 2-2 供給電壓의 決定基準

最大契約電力	供給電壓	備考
100kw 미만	低壓	需用家 의망시 高壓
100kw 이상~ 10,000kw 이하	高壓, 또는 特高壓	22.9kv-Y 需用家 소 유선모는 契約最大電力 14,000 kw까지 供給가능
10,000kw 초과	154kv 이상	特殊한 지역은 66kv 도 供給

나. 系統接地<sup>2)</sup>

(1) 非接地方式

- ① 0.5-1MVA 미만의 소용량 발전기
- ② 발전기의 단자전압이 600V 이하
- ③ 발전기에 전용차단기를 설치한 경우
- ④ 일반전기사업자의 전력계통과 변압기에 의거 絶緣이 되는 경우

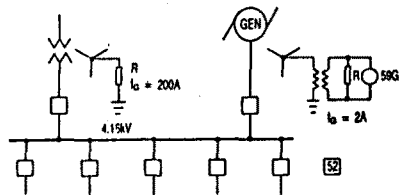
(2) 抵抗接地方式

- ① 0.5-30MVA 의 중용량 발전기
- ② 발전기의 단자전압이 600V-13,800V
- ③ 발전기에 전용차단기를 설치한 경우
- ④ 발전기가 일반전기사업자의 전력계통과 絶緣될 경우
- ⑤ 저임치는 1相이 完全地絡시에 지락전류가 50-400A로 제한되는 低抵抗을 채택

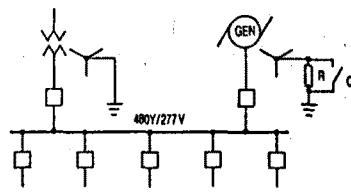
(3) 變壓器이용接地方式 (高抵抗接地方式)

- ① 30MVA 이상의 大容量인 경우
- ② 발전기 전압이 2.4kv이상인 경우
- ③ 發電機를 단회기당 變壓器를 통하여 발전모션에 연결할 때

그림2-1 은 4.16kv 變壓器 2차는 최고 200A의 故障電流를 갖는 低抵抗이고, 여기에 並列運轉되는 發電機의 中性點은 高抵抗으로 接地하여 약 2A 이하로 接地故障電流를 제한하는 예이다.<sup>3)</sup>



(1) 中壓系統



(2) 低壓系統

그림 2-1 並列運轉發電機의 抵抗接地例

라. 主回路母線의 構成方式

主回路母線의 構成과 用途 및 特徵은 表2-3 과 같다.<sup>5)</sup>

마. 連繫線路의 構成方式<sup>5)</sup>

(1) 1 回線專用線路

- ① 가장 널리 적용되고 있음
- ② 154kv 급 이하의 모든 送電電壓에 적용가능
- ③ 연계계통의 차단장치는 Fuse 나 Recloser 등을 적용할 수 있으나 대부분 차단기를 사용

(2) 2 回線專用線路

- ① 높은 供給信賴度가 요구될 경우
- ② 大容量의 發電機
- ③ 주로 154kv 급등의 特高壓에 적용

(3) 兩電源專用線路

- ① 공급신뢰도가 가장 높게 요구되는 경우
- ② 大容量의 발전기
- ③ 154kv 급에서 적용되며 중요도에 따라 154kv급 이하에서도 적용가능

3. 系統保護

가. 保護協調<sup>1,2)</sup>

코제너레이션 構內事故와 連繫系統事故등에 따라 다음의 保護協調가 이루어져야 한다.

- ① 코제너레이션 需用家 構內의 사고에 대하여는 構內에서 확실하게 검출하고 제거하여 연계계통에 고장이 파급되지 않도록 할 것. 다만, 이때에 코제너레이션은 즉시 전력계통과 해열되도록 할 것.
- ② 연계된 電力系統의 고장에 대하여는 신속하고 확실하게 계통에서 코제너레이션을 해열하여 일반 수용가를 포함한 어떠한 부분계통에서도 單獨運轉이 안되도록 할 것.
- ③ 연계된 이외의 고장시에는 코제너레이션은 해열되지 않을 것.
- ④ 上位系統의 고장시등 해당 연계계통의 전원이 상실되었을 때에도 코제너레이션은 고속으로 해열될 것.
- ⑤ 自動再閉路時에 코제너레이션이 확실하게 電力系統에서 해열되어 있을 것.

表2-3 主回路構成과 用途 및 特徵

主回路構成	① 獨立回路方式	② 單母線主回路方式	③ 母線連絡遮斷器介在' 單母線方式(分割母線方式)	④ 二重母線方式
用途特徵	單送電 Peak-cut 運轉 停電切換	常時並列運轉 Peak-cut 運轉 受電休止 發電運轉	並列運轉 分離運轉可能	並列運轉 分離運轉可能 無停電切換操作

