

코 제너레이션 시스템의 全部

Co-Generation System

〈下〉

金善慶

大韓電氣協會

電氣使用合理化 專門委員

라. 保護裝置의 種類와 機能

CGS를 包含하여 電子系統을 構成하고 있는 送電線이나 各種機器는 雷, 바람, 비, 塩害等의 自然條件이나 CGS의 運轉事項, 發電機의 種類等 여러가지 與件과 原因에 의하여 어느 程度의 事故는 避할 수 없다.

따라서 電力系統의 運用에 있어서 이러한 事故發生時의 대책이 미리 講究되어 있어야 한다. 保護裝置는 이러한 事故가 發生하였을 때에 故障이 난 送電線區間이나 機器를 健全한 系統에서 分離시켜 事故의 影響을 될 수 있는 한 적게 하는 매우 重要한 役割을 하고 있는 것이다.

복잡한 電力系統의 構成에 對處하여 保護裝置가 밀접하게 連系되어 있어야 하고 이와 같은 하나 하나의 保護裝置를 連系하여 全体가 正確하게 동작되도록 保護裝置를 설계하고 施工, 運用하는 데는 다음과 같은 事項에 留意한다.

(1) 保護機能

(가) 電力系統에 發生하는 事故에 對하여 保護裝置는 적은 事故電流 電壓에서도 確實하고 高速으로 檢出되는 機能을 가져야 한다.

그러기 위하여는 保護裝置는 事故現象과 類似的한 다음과 같은 여러 現象과의 選別能力을 충분

히 갖고 항상 事故個所의 檢出을 正確하게 하여야 한다.

- ① 系統動搖 및 負荷電流
- ② 系統에서 發生되는 過渡的 電壓, 電流
- ③ 常時 또는 事故時에 發生하는 외형전압 및 電流
- ④ 다른 系統에서 오는 電磁 靜電誘導 電壓, 電流
- ⑤ 各種 循環電流
- ⑥ 變壓器, 送電線等의 充電時, 事故消滅時의 突入電流
- ⑦ 차단기의 不均衡遮斷
- ⑧ 單相 再閉路中의 不平衡 電壓, 電流
- ⑨ 變壓器(CT), 計器用變壓器(PT, 但 콘덴서형은 PD라 함)等 關聯機器에 의한 電壓, 電流 誤差 保護裝置 內部에 發生하는 過渡現象

(나) 또 保護裝置는 事故個所 및 事故除去 범위를 極小化하기 위하여 事故除去를 위한 차단 범위를 항상 最小로 하는 機能을 가져야 한다.

(2) 保護裝置의 信賴性

保護裝置의 不正確한 應動에 의한 波及等의 影響도는 매우 크기 때문에 그 信賴度가 매우 높은 것이 요망된다. 따라서 保護裝置의 信賴性

〈표 2〉 계통연계 기술요건 Guide Line의 개요 (일본의 예)

항목	기술적요건		
설비	배전계통에 연계할 때		원칙적으로 2000kW 미만
용량	송전계통에 연계할 때		계통의 각전압별 제약전력의 상한의 범위내
전압	상시의 전압변동	배전계통	101±6V 202±20V (저압수용가)
		송전계통	변동폭이 상시전압의 ±1% 정도
변동	발전기 병렬시의 순간전압강하	배전계통	계통의 상시 전압의 10% 이내로 억제
		송전계통	
보호협조	사고 (CGS수용가 구내사고 연계계통사고, 상위 계통사고)시 또는 긴급시 등의 계통조작시에 CGS가 확실하게 해열시키는데 필요한 보호장치를 전력계통과의 연계점에 설치할 것		
단락용량	CGS의 연계에 의하여 계통의 단락 용량이 전력회사 및 다른 수용가의 차단기의 차단용량을 넘지 않을 것		
역률	전력계통의 연계점에서의 역 이 85% 이상이고 또 진역 이 안될 것		
연락체제	전력회사와 CGS 수용가 간에 보안 통신용 전화설비를 시설하여 연락체제와 복구체제를 정비한다		
이들의 내용은 세부사항에 대하여는 전력제도에 따라 다르기 때문에 개개의 사례에 대하여는 개별적으로 검토할 필요가 있다.			

向上面에서 유의할 事項은 다음과 같다.

(가) 温度, 湿度, 먼지, 振動等 環境의 變化에 對하여 充分한 信賴性이 있어야 할 것

(나) 系統事故와 同時에 故障이 發生하지 않도록 서지(Surge) 吸收回路, 過電壓과 電流 防止回路等を 設置할 것

(다) 保護裝置의 故障을 可能한 限 速히 發見하여 修理, 復旧되도록 할 것

(라) 各種 電源回路, CT回路, PT (PD)回路 또는 保護裝置內 部品의 偶發的인 故障, 誤操作 또는 試驗不良 等に 의한 릴레이(Relay)의 動作 또는 各種 電源回路, CT回路, PT (PD) 回路의 斷線, 短絡等의 人爲的 過失이 생겨도 可能한 限 그러한 故障이나 過失이 1 個所에서는 誤動作하지 않도록 할 것

(마) 保護裝置에 쓰이는 電源의 停止, 開閉, 순간적인 開放, 投入 및 電源의 短絡, 地絡이 생겼을 때 誤動作이 안되도록 할 것

以上과 같은 基本的인 要件을 考慮하여 CGS 系統連系의 가이드 라인(Guide Line)의 概要를 표 2에 紹介한다. 아울러 代表的인 CGS의 電

力系統 連系圖를 그림 13에 든다.

CGS 需用家の 事故對策에 필요한 保護繼電器類를 들면 다음과 같다.

(3) CGS 需用家 構內事故 對策

(가) 瞬時要素部 過電流繼電器(OCR-H)

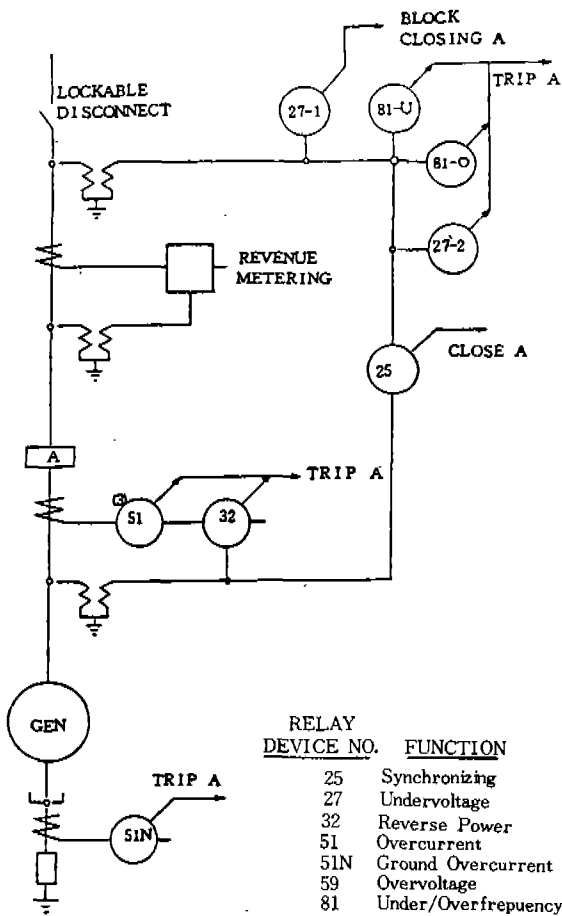
(나) 地絡 過電流 繼電器(OCGR)

CGS 需用家 構內的 短絡, 地絡時에는 電力系統側에서 큰 故障電流가 流入하기 때문에 이를 檢出하여 即時 차단기를 動作시킨다. 但 電力會社의 變電所側에서 高速遮斷이 可能할 때는 OCR의 H要素를 省略할 수 있다. 但 突入電流의 不平衡(Unbalance) 構內設備의 充電電流가 클 때는 OCGR로 變更하고 方向地絡繼電器(DGR)를 使用한다.

(다) 過電壓繼電器(OVR)

(라) 不足電壓繼電器(UVR)

CGS의 電壓制御系統의 異常에 依하여 電壓上昇 또는 電壓降下가 생겼을 때에 이를 檢出하여 時限的으로 遮斷器를 動作시킨다. 또 發電機自體의 保護裝置에 依하여 檢出 保護될 때는 OVR은 생략할 수 있다.



〈그림 13〉 CGS의 전력계통 연계도(미국 TVA 지침)

(4) 電力系統 事故對策

(가) 短絡事故對策

① 方向短絡繼電器(DSR): 同期發電機일 때

同期發電機일 때는 發電機側에서 電力系統에 短絡電流가 流出되나 短絡電流가 비교적 적기 때문에 OCR의 整定感度を 높게 하면 負荷電流 등에 의하여 誤動作의 原因이 될 수 있으므로 DSR의 設置로서 對應하면 된다.

DSR 방식中 事故點까지의 電氣的 거리를 檢出하는 방식에 比하여 無効分 電力의 方向에서 事故를 檢出하는 방식일 때 遠方事故라도 動作이 잘되므로 時限 整定에 있어서 注意할 必要가 있다.

② 不足電壓繼電器(UVR): 誘導發電機의 경우 誘導發電機의 경우 電力系統의 事故時 勵磁電

流의 減衰에 따라 發電機電壓이 떨어지므로 이를 檢出하여 차단하여야 한다. 但 다른 系統事故와의 區分이 困難하므로 時限을 가지고 協助를 圖謀한다. 또 構內事故對策으로 使用하는 UVR과 共用이 可能하나 低壓系統에 設置되었을 때는 協助가 곤란하므로 注意하여야 한다.

(나) 地絡事故對策

① 地絡過電壓 繼電器(OVGR)

電力系統事故時 CGS 需用家에서 流出하는 地絡電流는 적어서 OCGR이 動作치 않을 때가 있기 때문에 OVGR에 의하여 地絡電壓을 檢出하여 차단한다. 但 OVGR은 他系統事故와의 區別이 곤란하므로 時限을 가지고 變電所 OVGR의 협조를 얻는다.

(다) 單獨運轉防止

上位 送電系統의 事故로 該當系統의 電源이 상실되었을 때 또는 該當系統事故時에 變電所側이 遮斷後 事故가 消滅되었을 때 등에 單獨運轉狀態가 되었을 때 CGS가 高速으로 확실하게 解列되기 위하여는 위에 記述한 外에 다음과 같은 릴레이가 필요하다.

① 送電力繼電器(RPR): 逆潮流가 없을 때

單獨運轉 狀態에서는 CGS側에서 電力系統에 電力이 流出하므로 이를 檢出하여 時限을 갖고 차단한다. 또 整定하는데 있어서는 高感度로 할 필요가 있다.

② 周波數低下繼電器(UFR)

上位 送電系統事故時에 CGS의 繼電器는 動作치 않고 單獨運轉이 될 可能性이 있어 單獨運轉이 되었을 때는 上位 送電系統에서의 再送電을 할 수 없게 되어 供給信賴度의 低下를 가져 오거나 作業者의 安全에 重大한 影響을 미치게 되므로 單獨運轉은 絶對的으로 避하여야 한다.

이 對策으로서 變電所 뱅크 單位로 어떠한 때에도 逆潮流가 있는 發電機 總出力은 負荷보다 적게 하여 둬으로써 上位 送電系統事故時에는 周波數가 떨어지게 되므로 이를 檢出하여 即時 차단하기 위하여 UFR를 設置한다. 또 逆潮流가 없을 때 RPR이 高速으로 檢出保護될 때

는 UFR을 省略할 수 있다.

③ 傳送遮斷裝置

特殊한 事故時 CGS에서의 事故檢出이 곤란 할 때가 있어 逆潮流가 있는 需用家에 의하여 線路가 充電된 채로 있을 때가 있다. 따라서 逆潮流가 있는 CGS는 變電所 遮斷器 動作信號를 傳送하여 受電 CB를 動作시키는 傳送 遮斷裝置 를 設置하여야 한다.

④ 線路無電壓 確認裝置의 設置

事故時的 自動再送電에 있어 만약 CGS가 어떤 原因으로 解列이 안되어 있으면 CGS 需用家를 포함한 需用家 機器에 큰 損傷을 줄 우려가 있으므로 線路無電壓 確認裝置를 電力會社의 變電所에 設置할 필요가 있다.

⑤ 其他 保護繼電器等

上記한 外에 連系하는 電力系統의 方式 CGS의 運轉狀況等을 考慮하여 다음과 같은 對策이 必要하게 된다.

㉞ 高壓專用 配電線에의 連系

電力系統側에 逆潮流가 있는 CGS를 高壓 一般 配電線에 連系하였을 때 線路途中의 開閉器 操作으로 線路가 停止하였을 때 CGS 出力과 配電線負荷가 밸런스 되어 單獨運轉이 될 可能性이 있다. 이를 防止하기 위하여는 關聯되는 모든 開閉器에서 CGS 遮斷器에 傳送遮斷을 하는 方法도 考慮되나 그러려면 많은 數의 送受信 裝置와 通信線이 필요하기 때문에 非現實的이다. 따라서 現時點에서는 逆潮流가 있는 CGS는 專用 配電線에 連系하는 程度로 그쳐야겠다.

㉟ 周波數 上昇繼電器(OFR)

CGS를 特別高壓系統에 連系할 때는 上位 系統 事故時等에 電壓降下에 의한 마그네틱 스위치 (Magnetic Switch) 開放等으로 負荷가 단락할 때가 있어 그때의 發電技術과 負荷의 언밸런스 의 狀況에 의하여 周波數가 上昇할 때가 있으므로 이를 檢出하여 즉시 차단하기 위하여 OFR 를 設置한다.

㊱ 表示繼電器(PWR)

루프 系統으로 되어 있는 特別高壓 送電系統 事故時에 事故點에 流入하는 短絡電流, 地絡電流의 方向이 平常時와 다르므로 이를 檢出하여 즉시 遮斷하기 위한 PWR을 通常의 루프 系統 需用家와 같이 CGS 需用家の 受電點에 設置하여야 한다.

以上 CGS를 電力系統에 連系할 때 필요한 繼電器에 對하여 記述하였는데, 關聯機器인 CT, PT(PD), 遮斷器, 制御電源等을 포함한 保護裝置 全体의 신뢰성의 확보가 필요함은 勿論이다.

4. CGS 導入現況과 展望

가. 外國의 CGS 現況

에너지 需要形態와 氣候條件等에 따라 CGS의 導入現況은 多樣하다.

CGS는 北歐와 美國을 起點으로 많이 導入되고 있는데 全世界 總發電量 4,300억kWh의 7%에 該當하고 發電 使用構成比는 産業用 67%, 地域暖房 33%, 年平均 成長率 22%이다.

西獨에서는 BHKW(Blok-Heiz Kraft Werke : 小規模 分散形 熱併給發電)가 注目되고 있으며 1983年 3月 現在로 150個所에 600대의 시스템이 가동중이다.

英國에서는 에너지法(Energy Act. 1983年)을 制定하여 電力 네트워크에 연결하고 豫備電力을

〈표 3〉 주요 國별 小 發電機 도입현황

국 명	열공급발전량 [MWh]	총발전량 구성비
소 련	520,000	30.3
서 독	197,000	32.0
일 본	9,500	14.0
덴 마 크	2,001	40.5
스 웨 덴	1,818	8.8
헝 가 리	752	44.1
핀 란 드	1,059	30.0
루마니아	3,000	40.0

받을 권리를 가지며 電力會社를 介入시켜 需用 家에 판매할 수 있고, 電力會社에 잉여電力을 送 電할 수 있으며 CGS 造成을 위하여 設備費의 보조금을 制度的으로 融資하여 주고 있다.

伊太利도 英國과 같은 方向으로 推進되고 있으며 TOTEM이라는 名稱의 小型 가스엔진 發電 유닛(15kW)이 標準 모듈로 主로 高層 빌딩에 사용되고 있다. 稼動대수는 300대를 넘고 있으며 年 200~300대 程度가 增加될 것이 豫측되고 있다 한다.

美國에서는 公益事業規制 政策法(PURPA : Public Utility, Regulatory Policies Act, 1978 年)을 制定하여 FERC(Federal-Energy Regulatory Commission)에서 CGS 등의 具體的인 促進策을 制定토록하고 있다. 現在 稼動중이거나 建設中인 CGS 設備容量은 1,000萬~1,200 萬kW 程度로 推定되고 있다.

PURPA 規定에 따른 FERC에 의한 規則에 定하여진 最小 크기, 燃料使用料, 燃料 效率等에 적합한지 審議中인 것이 約 400萬kW인데 60

基는 認定이 되고 34基는 審議中에 있다. 燃料로서 天然 가스가 48基, 바이오메스(펠프 廢材 包含) 12基, 石炭 12基(大規模 容量은 48萬kW 까지 있다), 其他 22基에 이르고 있다.

日本에서는 CGS 시스템의 設置件數가 每年 增加되고 있어서 昨年(1987年) 3월에 74件에 達하고 있고 1件當의 設備容量도 확대경향에 있다. 1960年 4월에 「日本 CGS 研究會」가 設立되었고 1986년에는 資源에너지廳長官의 諮問 機關으로 「CGS 運用基準檢討委員會」가 設置되어 系統連系技術要件 가이드 라인(Guide Line)과 業務用 豫備電力契約制度를 마련하였다.

한편 電力 및 가스 業界는 電氣 메이커와 昨年(1987) 技術研究組合(ACT90)을 設立하고 國家補助金을 얻어 작은 스페이스型 高效率 CGS 技術開發에 努力하고 있다고 한다. 小規模分散型 CGS 시스템 導入狀況은 1985年 3月末 現在로 디젤엔진 6,490kW(17대), 가스엔진 3,328kW(26대), 가스 터빈 5,920kW(10대)로서 總15,738 kW(53대)에 이르고 있다.

〈표 4〉 자가발전 설비현상 및 발전량 (1986년)

구 분	설비용량 [MW]	발전량 [GWh]	수용가수
한 전(A)	18,060	64,695	7,298,666
자가 발전	상 용	856	40
	비상용	690	625
	계(B)	1,546	665
점 유 비 (B/A [%])	8.6	7.8	

〈표 5〉 코 제너레이션의 설치현황

구 분	건 수
산업체 자가용	40(7)
건물 자가용	5(1)
집단 에너지 공급	10(8)
증 합	55(16)

〈표 6〉 상용 자가발전 전망

구 분	'86	'87	'88	'89
광·공업	4,966 (5.7)	6,274 (26.3)	7,882 (25.6)	10,613 (34.6)
지역난방, 호텔등	17	128	153	153
계	4,983 (5.8)	6,402 (28.5)	8,035 (25.5)	10,766 (34.0)

()내는 증가율[%]

여기서 코제너레이션 설치현황은 55업체로서 그중 16건은 설치중에 있는 것이다.

〈표 7〉 자가발전 잉여전력 구입현황

연도	구입전력량 [GWh]	금 액 [백만원]	구입단가 [원/kWh]
1985	74	1,037	22.49(34.66)
1986	83	2,670	32.24(34.66)

()내는 열병합발전 구입단가('84년도 한전의 기력발전 열로비 수준)

나. 우리나라의 CGS 現況

CGS를 포함한 自家發電이 漸次 增加되고 있다(표4~표7 참조).

現在 一部 中小規模의 酒精工場과 建物分野에서도 CGS를 採擇하여 施工中에 있거나 計劃中에 있는 것으로 알고 있다.

아직 새로운 分野이고 넉리 보급이 안되고 있으나 識者間에는 많은 研究와 檢討가 이루어지고 있어 不遠間 많은 業體가 參與할 것으로 믿는다.

5. CGS의 經濟性

가. 蒸氣背壓 터빈 시스템

蒸氣背壓 터빈 CGS와 韓電의 有煙炭 火力發電을 比較하여 본다.

(1) 熱效率 比較

全負荷時 CGS 熱效率은 對 有煙炭火力 熱效率이 1.55 : 1.83이다. 여기에 送配電損失을 감안한다면 1.60~1.89가 된다.

即, 燃料費 單價等 다른 費用이 같다면 CGS 側이 有利하다.

(2) 發熱量 單價比率 比較

CGS의 燃料를 9,900kcal/l의 BC油로, 有煙炭火力發電所는 6,000kcal/kg의 有煙炭으로 보고 BC油 單價는 117.36원/l, 有煙炭單價는 40.70원/t으로 볼 때 發熱量 單價比率은

$$\text{BC熱量單價} / \text{有煙炭熱量單價} \\ = 118.50(\text{원}/\text{萬kcal}) / 67.83(\text{원}/\text{萬kcal}) = 1.75$$

即, CGS 燃料로 BC油를 使用할 때는 經濟性이 없고 有煙炭의 使用과 地域暖房처럼 쓰레기나 製鐵所, 酒精工場等의 廢가스等を 活用하는 경우는 有利하다고 본다.

나. 小規模分散型 CGS 시스템

日本에서의 CGS의 建物別 投資回收年數와 建物規模別로 試算한 例를 소개하면 호텔, 病院,

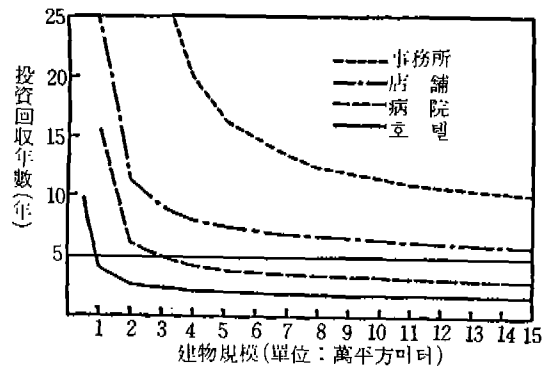
〈표 8〉 발전 열효율 비교(발전단)

단위 : %

구 분	상업발전 (500MW급)	열병합 (배합)	비 고
보일러	89.5	86	고위발열량
터빈	87	75~87	기준 콘덴서
콘덴서	52	-	손실제외
발전기	98.8	96~98	
발전소	40(A)	62~73(B)	효율비 : B/A 1.55~1.83

물별 투자회수 연수

	최적코제너레이션비율	투자회수연도
호텔	80%	2.7년
병원	75%	6.1년
점포	85%	11.2년
사무실	90%	107.9년



〈그림 14〉 코 제너레이션의 건물 규모별 투자회수

店舖, 事務所順으로 有利하다(그림14).

6. 結 論

CGS 시스템은 以上 記述한바와 같이 매우 훌륭한 시스템이나 電氣와 熱의 需要 패턴(Pattern)을 調査하여 合理的인 시스템을 이루는 것이 가장 重要한 要素이다.

賦存資源이 적은 우리나라에서 이 시스템에 對하여 앞으로 깊이 研究 發展시켜 에너지의 有効利用에 이바지되기를 바라는 바 크다.