

호텔에 열병합 도입에 따른 경제성 분석에 관한 연구

金 應 相

한국전기연구원

A Study on Economic Analysis for Hotel Introduction of Co-generation System

Eung-Sang Kim

Korea Electrotechnology Research Institute

요 약

국제적인 지구환경 보호문제 및 에너지의 효율적인 활용이라는 측면에서 다른 발전시스템 보다 월등하게 효율이 높은 열병합발전시스템은 개발 및 실용화되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 이와 같은 열병합발전시스템을 모 호텔에 도입하는 경우 기존의 열 및 전기공급 방법의 요금과 신규로 열병합을 도입하였을 경우의 열 및 전기요금의 차액을 계산하고 신규투자비를 고려하여 단순 투자비 회수를 토대로 도입에 대한 경제성을 분석하였다. 열병합설비의 투자비 회수기간은 약 10년 정도로 10년 이후에는 열 및 전기요금의 혜택을 볼 수 있으므로 도입 가치가 충분히 있으며, 이자율 하락이나 정량적으로 계산하기 어려운 환경문제 개선비용 및 전기요금의 증가를 고려하면 실제적으로는 더욱 경제성이 있음을 알 수 있다.

Abstracts— In respect of global environment protection and efficient utilization of energy, co-generation systems, which have greatly higher efficiency than the other generations, have been developed and put to practical use. Assuming that the co-generation system would be operating in Park Hotel, this paper calculates the difference between the heat and electricity rates by the conventional method and the co-generation system, considers the cost of new investment and analyzes introduction economics based on the return on investment. The introduction is turned out to be recommendable, since the return of investment for co-generation equipment is about ten years when the co-generation profits in heat and electricity rate. Additionally, accounting for interest rate drop, improvement of environmental matters or electricity rate increase, it is shown to be even more economical.

1. 서 론

분산형 전원 중에서 특히 에너지절약에 상당히 효과가 있고 대표적 에너지절약 설비인 열병합발전설비는 그 대부분이 비전기사업자의 발전설비로서, 기존의 전기사업자가 그의 계획, 관리 및 운용을 집중적으로 수행하는 전원과는 그 성격이 다르다. 또한, 중소용량의 열병합발전설비는 전력계통과는 별도로 독립적으로 운용할 수도 있지만, 대부분 전력계통과 연계된 상태에서 운전함으로써 수용가 측면에서는 보다 안정한 전력의 확보, 전기사업자측면에서는 전력설비의 효율적인 활용, 송배전설비의 투자지연효과, 국가적인 측면에서는 자원의 효

율적인 활용 등의 장점을 얻을 수 있다. 그러나, 이러한 장점을 갖고 있는 열병합발전설비의 전력계통에의 도입 형태에 대해서는 기존에는 스케일메리트(Scale Merit)이 있는 대규모 집중전원의 형태이었지만, 최근 들어 에너지 환경문제와 더불어 대규모 전원의 입지확보 및 송전선의 루트 확보가 어려워져 가고 있으며, 또한 장기적 전력수급의 안정성 확보상의 불확실성, 지역적인 고신뢰 고품질의 전력 확보, 전력시장의 개방 등이 가속화되어가고 있어, 중소규모의 열병합발전시스템이 다수 분산적으로 전력계통에 연계 운전되는 형태로 보급되고 있다.

이러한 현재의 상황 하에서 열병합발전시스템의 배전계통 도입 및 보급에 대한 긍정적인 시각으로는 (1) 대

규모전원의 보완 및 전원계획의 유연성, (2) 변동비용 감소 및 송, 배전설비 투자 지연 효과 (3) 에너지자원의 효율적 이용 등을 생각할 수 있으며, 다른 한편 부정적인 시각으로는 (1) 경제성 확보의 어려움, (2) 기존 배전계통의 전력품질 및 신뢰도 저하 (3) 계통 운용상의 문제 등이 열거될 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 열병합발전 설비를 특정 장소인 호텔에 적용하는 경우 단순투자비 회수 형태로 경제성을 검토해 보았다. 열병합을 주로 소용량으로 설치하는 경우 설치비가 높기 때문에 투자비 회수가 쉽지 않으나 기존의 발전시스템과는 달리 열 및 전기를 동시에 사용함으로써 기존 발전시스템 보다는 뛰어난 효율향상을 기대할 수 있으며, 또한 경제성 분석을 해 보고자 한다.

2. 본 론

본 논문의 구성은 열병합발전시스템의 구성을 설명하고 적용 대상 장소의 열병합발전 도입전의 기존 열 및 전기의 사용현황, 적용하고자 하는 장소에 열병합 도입시의 적용방안, 연료비 분석 및 경제성 분석을 통한 도입가능성 여부를 검토하였다.

2-1. 열병합발전시스템의 구성

열병합발전시스템은 가스엔진, 디젤엔진 및 가스터빈 등의 원동기로 발전기를 구동해서 발전을 함과 동시에 구동시의 배열을 유효 이용하고 열(온수, 증기 등)을 공급하는 것에 의해 냉난방이나 급탕 등의 다목적으로 이용 가능한 종합 효율이 높은 에너지절약형 시스템으로 Fig. 1과 같이 크게 엔진부분, 발전기부분 및 열기관으로 구분된다. 엔진부분은 보일러에 의한 터빈을 사용하는 경우와 가스나 디젤 등에 의한 직접연소방식인 엔진을 사용하는 경우가 있으며, 최근 소용량으로 엔진형태가 개발 및 보급되고 있다. 발전기로는 유도발전기 또는 동기발전기를 사용하며, 열기관은 주로 냉난방

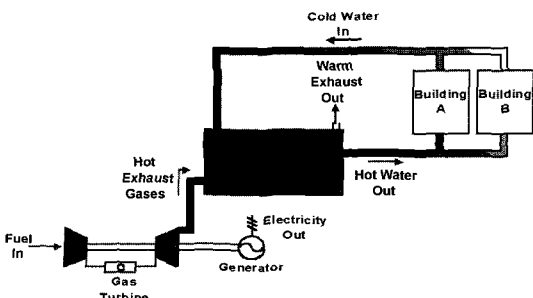


Fig. 1. Configuration of co-generation system.

Table 1. Electric charges of 2000 and 2001 years.

월별	2000 년	2001 년
1	17,530,793	23,355,980
2	17,414,606	22,983,700
3	16,895,272	24,451,420
4	16,081,349	22,554,747
5	17,755,360	26,011,543
6	14,107,121	29,192,263
7	25,062,530	46,217,518
8	47,518,632	50,707,664
9	31,184,580	29,542,913
10	30,490,460	23,624,915
11	30,437,600	30,437,600
12	25,016,860	25,016,860
합계	289,495,163	354,097,123

과 급탕을 동시에 활용하는 일체형시스템으로 구성되어 있다.

2-2. 기존 열 및 전기 공급 현황

본 논문의 대상지역인 모 호텔은 지상 10층 지하 3층으로 연면적은 21,127 m²이며, 계약전력은 일반용 전력(갑) 선택 II 고압 A이다. 지금까지의 운전상황을 보면 연간 최대 전력부하는 520 kW, 최소 전력부하는 110 kW이며, 난방부하는 최대 490,000 kcal/hr, 최소 69,000 kcal/hr이었으며, 냉방부하는 최대 284 USRT, 최소 0 USRT로 아래 그림에서와 같이 냉방부하는 주로 여름에만 사용한다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 열 및 전기를 공급하는 시스템은 기존에는 전력공급, 냉방 및 난방을 공급하기 위한 각각 별도의 시스템으로 공급하기 때문에 효율은 물론이거니와 관리상에서도 불편한 점이 많은 것으로 조사되었다. 또한 참고로 아래 Table 1에서와 같이 최근 자료인 2000년과 2001년의 전체적인 전기요금표를 비교 분석한 결과 1년 동안 약 35% 정도의 증가세를 나타내고 있으며, 이는 갈수록 투자차익성이 있음을 보여주고 있는 것이다.

2-3. 열병합 적용방안 검토

2-3-1. 열 및 전기의 공급방안

호텔의 열병합 적용 시 열 및 전기의 공급방안은 아래 Fig. 3 및 4에서와 같이 전력부하와 열부하를 근거로 기준치는 주로 열병합으로 공급하고 최대치 부분은 상용전력이나 열병합발전이 아닌 공급시스템으로 분담하는 것이 열병합을 최대한 운용할 수 있고 효율을 극대화 할 수 있어 투자비를 빠른 시일 내에 회수가 가능하다고 보기 때문에 주로 기준치 부하에 대해서만 열병합으로 공급하도록 도입용량을 선정하고자 한다.

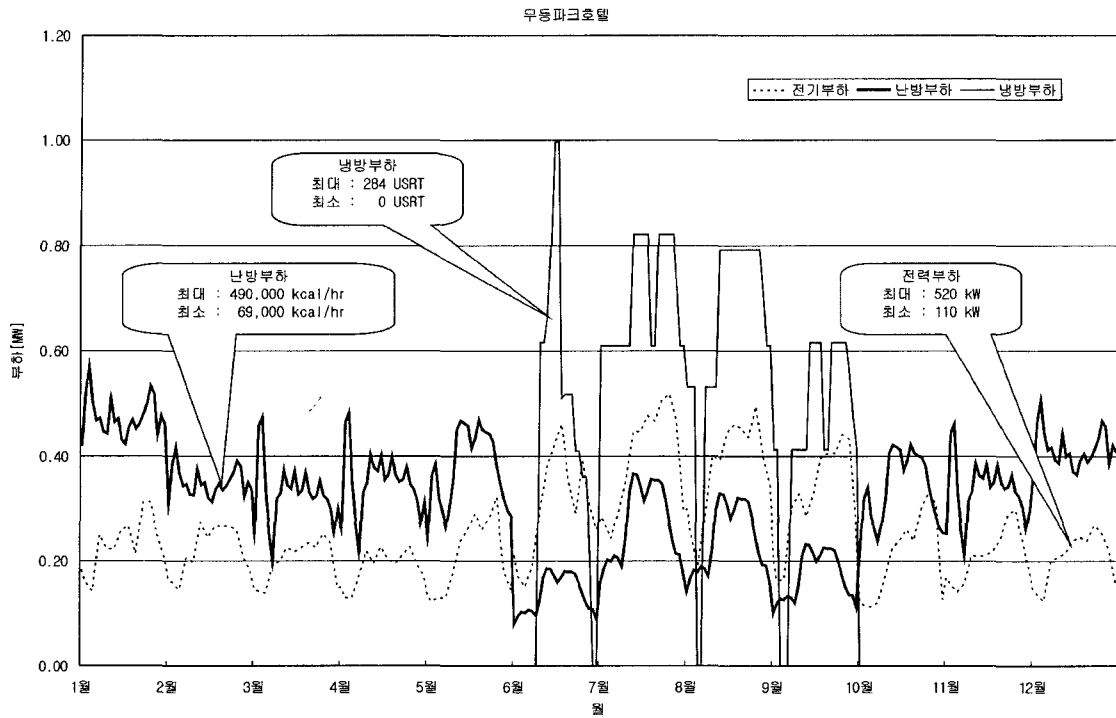


Fig. 2. Pattern of thermal and electric load.

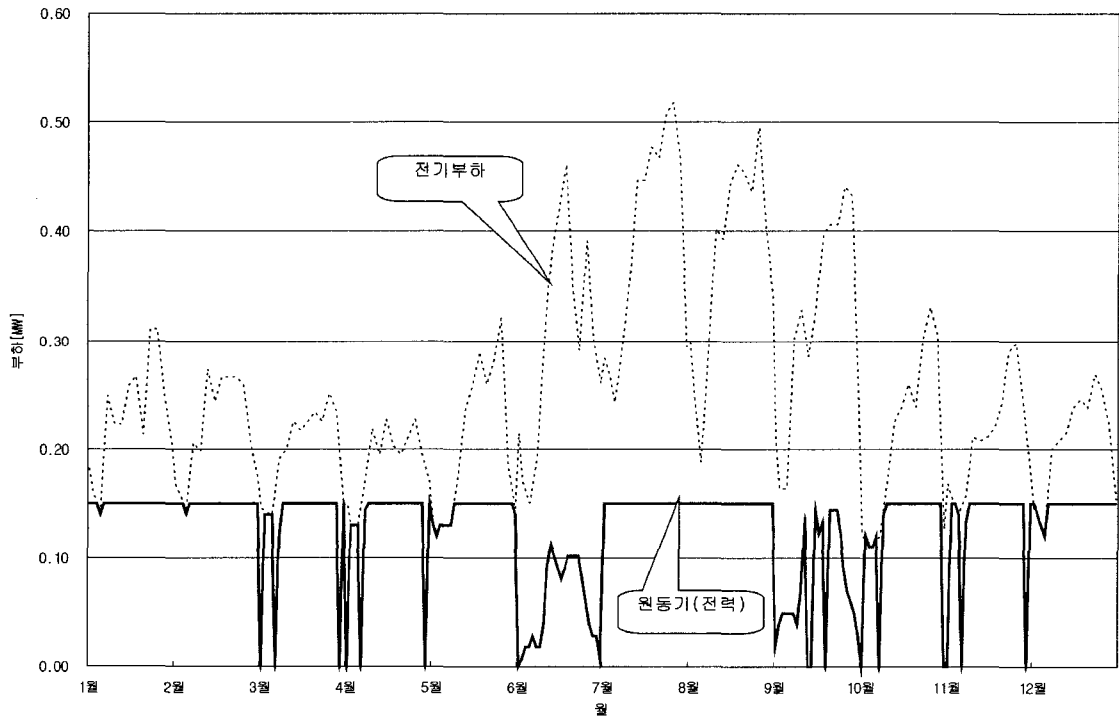


Fig. 3. Operation method of co-generation system (power load).

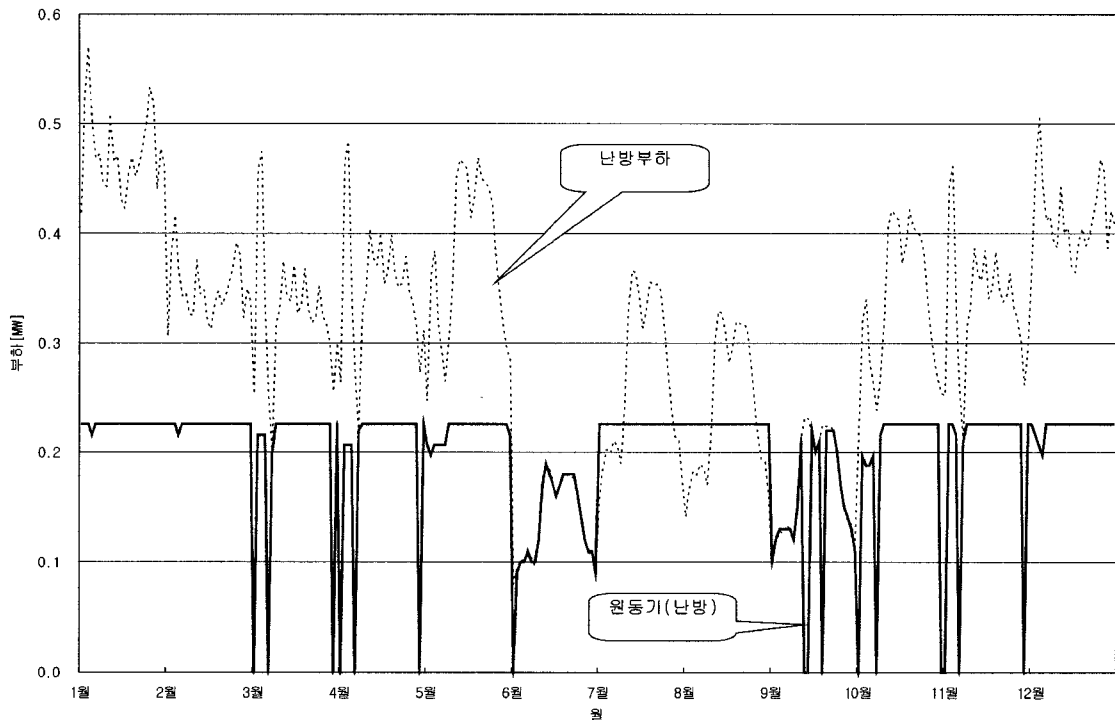


Fig. 4. Operation method of co-generation system (thermal load).

2-3-2. 열병합 도입 용량 선정

본 논문에서의 도입하고자 하는 적정한 열병합 용량은 상기의 전력부하와 열부하를 고려해 볼 때 기준치를 부담하기 위한 150 kW가 적절하다고 판단되며, 그 외의 최대치 부하에 대해서는 한전전력 등 기존의 연료를 사용한 열 및 전기의 공급으로 부담하는 것이 도입하고자 하는 시스템의 효율을 극대화하는 방안으로 사료된다.

2-3-3. 열병합 운전방안

상기와 같이 본 장소에 용량 150 kW의 열병합을 도입하여 운전하는 경우 Fig. 3 및 4에서와 같이 휴무일 부하가 적은 날 적절한 조절운전을 한다고 가정하면 열병합에 대한 가동율은 94.5%로 추정되며, 평균부하율 또한 85.3%로 추정된다. Fig. 3 및 4에 150 kW 열병합을 도입하여 운전하는 경우 열 및 전기의 공급형태를 그림으로 나타내었다.

Table 2. Electric charges bundle.

구분	기본요금 (원/kW)	전력요금(원/kWh)		
		여름철	봄 가을철	겨울철
선택II 고압A	6,780	96.50	62.80	67.20

2-4. 연료비 분석

투자비 분석을 위하여 현재의 전기요금과 가스요금 체계를 나타내면 아래 Table 2에서와 같이 전기요금은 일반용 전력(감) 선택II 고압A를 적용 받고 있으며, 가스 요금은 Table 3과 같다.

2-5. 경제성 분석

열병합 도입 시 투자비 회수기간 산정을 위한 경제성 분석 시에 적용된 금융비용, 유지보수비용, 보험비용 및 인건비용 등은 다음과 같다. 이들 변수는 현장의 여건, 설비의 규모 및 특성 등에 따라서 상당한 차이가 있을 수 있으나 본 검토에서는 통상 경제성 분석 시에 적용하는 일반적인 변수를 적용하였다. 검토 결과에 따라서 수요자가 열병합 설비 도입을 위한 상세 검토를 희망하는 경우에는 수요자, 설비 제조자 또는 공급자와의 협의를 통

Table 3. Fuel fare bundle.

열병합 시스템		보일러	냉온수기
연료단가 (원/Nm ³)	동철기 : 431.09	550.41	5~9월 : 258.60
	하철기 : 358.47		(냉방용)
	기타월 : 393.46		기타월 : 550.41 (업무난방)

Table 4. Configuration and cost of co-generation.

설비명	설비비용(천원)
150 kW 가스엔진 열병합 (배열량 226 kW) × 1 set	190,000

Table 5. Configuration of conventional energy.

설비명	
보일러	노통 연관식 보일러 2 ton/hr×2대
냉동기	왕복동 냉동기 60RT×1대, 80RT×2대 직화식 냉 운수기 320RT×1대

하여 일부 기준을 수정하여 재검토 할 수도 있다. 150 kW 급 가스엔진 열병합 설치비용은 제조업체의 견적서를 토대로, 설치비는 “The Market and Technical Potential for Combined Heat and Power in the Industrial Sector”의 내용을 참고로 하였다. 따라서 실제로 열병합 발전 시스템을 도입하고자 하는 경우에는 시설비, 설치비는 물론 유지 보수비 등에 대하여 실제의 상황에 준하는 상세한 검토가 필요하다.

- 금융비용 : 일반 연 10%, 우대 연 5.25%(건물·수송에너지절약시설)
- 유지보수비용 : 설비 비용의 3%
- 보험세제비용 : 설비 비용의 1%
- 감가상각비용 : 잔존가치 10%, 내용 연수 15년
- 인건비용 : 0천원(열병합 경우 기존 관리자가 함께 관리하는 것으로 가정)

본 열병합에 대한 경제성 평가 결과는 다음 표와 같

Table 6. The result of economic analysis.

	열병합 설치 후(원)	열병합 설치 전(원)	손 이익 액(원)
투자비용	190,000,000	0	▼ 190,000,000
연간비용	358,975,000	412,000,000	▲ 40,025,000
고정비용	28,975,000	0	
변동비용	330,000,000	412,000,000	
단순투자 회수기간 (년)	6.3		
투자 회수기간 (년)	10.2		
내부 수익율 (IRR, %)	13		

주:단순투자회수기간은 연차별 이익금을 이용하여 투자비용을 회수할 때까지의 기간을, 투자회수기간은 각 년차별 이익금을 현재로 수정한 후 투자비용을 회수할 때까지의 기간을 의미함.

Table 7. The cost of each items.

		열병합 설치 후(원)	열병합 설치 전(원)
고정 비용	금융비	9,975,000	0
	유지보수비	5,700,000	0
	보험세제비	1,900,000	0
	감가상각비	11,400,000	0
	인건비	0	0
소 계		28,975,000	0
전기비		119,000,000	228,000,000
변동 비용	연료비	열병합 110,000,000	-
	기타	101,000,000	184,000,000
	소 계	330,000,000	412,000,000
총 계		358,975,000	412,000,000

으며, 표에서 알 수 있듯이 투자회수 기간이 10.2년으로 다소 길지만, 내부 수익율이 13%로 일반 이자율인 10%를 상회하는 것으로 나타나 경제성 확보 면에서 유리할 것으로 예상된다.

이상의 경제성 검토 결과를 토대로 한 열병합의 열 공급 계통도는 아래 그림과 같다. 구체적인 구성기기의 성능과 규격은 부하사용 형태 등 실제 수요처의 상황에 따

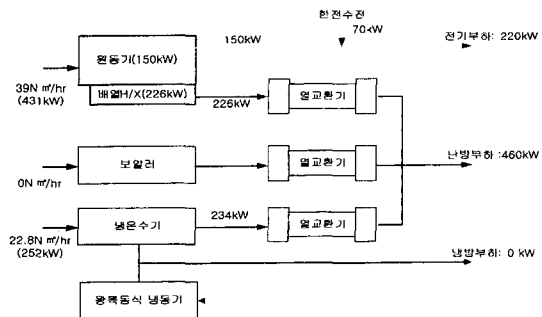


Fig. 5. Thermal supply system [100% load].

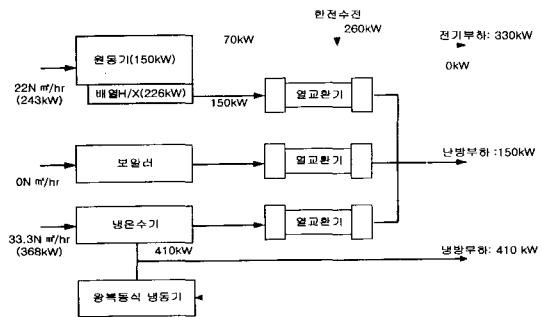


Fig. 6. Thermal supply system [47% load].

라 변할 수 있으며, 실제 수요처에 적합하도록 추후 협의를 거쳐 열정산을 재수행할 필요가 있다.

요금의 증가를 고려하면 실제적으로는 더욱 경제성이 있음을 알 수 있었다.

3. 결 론

국제적인 지구환경 보호문제 및 에너지의 효율적인 활용이라는 측면에서 다른 발전시스템 보다 월등하게 효율이 높은 열병합발전시스템은 선진국은 물론이거니와 국내에서도 많은 연구가 진행되었으며, 일부는 대용량으로 실용화되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 이와 같은 열병합발전시스템을 국내 모 호텔에 도입하는 경우 기존의 열 및 전기공급 방법의 요금과 신규로 열병합을 도입하였을 경우의 열 및 전기요금의 차액을 계산하고 신규 투자비를 고려하여 단순 투자비 회수를 토대로 도입에 대한 경제성을 분석하였다. 경제성 분석 이전에 도입하고자 하는 열병합 용량은 기존의 열 및 전기의 부하를 토대로 기준 용량을 부담하고자 150 kW로 선정하였으며, 투자비용은 제조업체의 견적을 토대로 1억 9천만 원으로 결정하였다. 또한 열병합설비의 사용 연수를 약 30년으로 가정하였으며, 열 및 전기요금 절약 분을 고려한 경제성 분석결과 투자비 회수기간은 약 10년 정도로 10년 이후에는 열 및 전기요금의 혜택을 볼 수 있으므로 도입 가치가 충분히 있으며, 이자율 하락이나 정량적으로 계산하기 어려운 환경문제 개선비용 및 전기

참고문헌

1. "Economic Assessment of the Utilization of Fuel Cells in Electric Utility Systems", EPRI EM-336 (1976. 11).
2. 김응상 외: "분산형전원의 배전계통 도입전망과 대책", 대한전기학회지 제 45권, 제 10호, pp. 23-31 (1996. 10).
3. E.S. Kim, *et al.*: "Evaluation of interconnection capacity of co-generation systems to the power distribution systems from the viewpoint of voltage regulation", ICEE99 Proceedings, Vol. II, pp. 295-298 (1999. 08).
4. Look, M.J.: "Application of Protection Relays on a Large Industrial Utility tie with Industrial Co-generation", IEEE-PAS, Vol. 100, No. 6, pp. 2804-2812 (1981).
5. Sobieski, D.W., *et al.*: "An economic assessment of battery storage in electric utility systems", IEEE Trans. on PWRs, Vol. PAS-104, No. 12, pp. 3453-3459, Dec. (1985).