

난방에너지 절감을 위한 최근 西獨의 난방기술

李 春 植

目 次

1. 건축물의 단열에 의한 에너지 절약
2. Boiler시스템에서의 에너지 절약방안
3. 가스 기관압축기-열펌프시스템
4. 공기조화 시스템에서의 에너지절약
5. 지역난방시스템

서독은 우리나라와 같이 석유자원이 결핍하고, 평균채탄깊이가 地下 600m에 놓이고 있어 필요 에너지원의 절반은 수입연료에 의존하고 있다. 건물난방부문은 서독총에너지소비량의 40%를 차지하고 있어, 이부분에 있어서의 에너지절약방안과 경제적 이용방법의 개발은 매우 시급한 문제로 대두되고 있다. 특히 건물난방에 투입된 1차 에너지는 이용에너지로 전환되는 과정에서 55%가 손실되어, 실제 이용율은 45%에 불과하다. 그 원인은 크게 나누면 다음 2가지로 볼수있다.

1. 단열의 결여 (건축물리학적문제)
2. 난방시스템의 低效率

이로서 에너지의 경제적이용을 위하여는

첫째 : 건물자체의 에너지 손실을 막고

- 단열의 제고
- 건축물의 열저장
- 태양광선의 이용 또는 방지(냉방때) 등

둘째 : 난방시스템의 공학적 개선이 필요하다.

- 열손실의 절감
- 폐열의 이용
- 열의재생
- 열펌프의이용
- 새 시스템의 창안. 등.

요즘 서독에서 논의되고 있는 몇가지 방안을

正會員, KIST발전기기 연구실

이곳에 간략히 소개하며, 독자 여러분의 난방시설 설계에 참고가 되었으면 한다.

1. 건축물의 단열에 의한 에너지 절약

독일에서는 독일산업규격 DIN 4108 "Wärmeschutz in Hochbau"(고층 건물에서의 단열)를 통하여 건물의 단열최저치를 정하고 있는데, 이 규정에서 정하는 최저열통과 저항 $1/\Omega$ 은 방안벽 또는 천장에 물기가 끼지않고, 인체에 해롭거나 건물의 수명에 영향이 없는 한계에서만 정하여져 있다. 하지만 단열조치로 난방에너지 절약이나, 경제적 난방방법에 대하여는 고려치 못하고 있었다. 에너지쇼크 이래 이 문제가 대두되어 DIN 4108 제정위원회와 "공학적 건축규정"(ETB Einheitliche Technische Baubestimmungen) 작업반은 건물의 엄한 단열규정을 새로 작업하기에 이르렀다. 2차 대전후 개발된 건축약식과 건축자재의 개발이 다양하여 이제까지의 단열치의 몇배로 갑자기 정한다는 것은 여러가지 문제점이 있으므로, 우선 DIN 4108 에 추가로 몇가지만 규정하여 이를 준수하도록 감독 기관에서 종용하고 있으나 법적인 근거가 없어 우선 유효규정을 다음과 같이 개량하여 시행하고 있다.

1) 이제까지 일부지역에만 적용하던 이중창문을 전국적으로 시행.

2) 방열지역 I은 방열지역 II와 같은 최저단열치를 갖는다. (I은 기후가 제일 온화한구역).

3) 천장의 최저 단열치등 몇개의 단열치를 20-30% 인상.

4) 방을 싸고 있는 외각 주위면들의(외벽, 창문, 문 등 열손실이 그중 많은 면을 포함) 총평균 열통과율은 각층마다 $1.6 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 를 넘

으면 안된다(근본적 개선조건). 그림 1은 DIN 4108에 새로 첨부된 규정치로 아직 법적효력은 없다. 이로서 열전도에 의한 열손실은 20내지 45%가 전의 DIN 4108 보다 적어졌다.

그림 2의 점선은 F/V (=표면적/건물부피) 비에 관계없이 고층건물에 적용한 단열치를 모든 종류의 건물에 적용하였을때의 경우이며, 그렇게 되면 단독주택건립에 너무 엄청난 투자가 요하게 되는 폐단이 있다.

이러한 사정을 고려하여 작업반은 前규정과외 중간치를 택하여 새로운 규정치로 천거하고 있다. 이 같이 어떤 건물의 개개부분의 단열치를 정하는 것 보다 집 전체에 대한 平均단열 최저치를 정하여, 주므로써 건물 설계에 있어서 건축형식과 경제적 자재 선택에 구속을 받지 않도록 되어 있다.

공기유통(문풍지) 열손실을 막기위하여 그 최저치를 첨부규정에 정하고 있으며 거의 창문과 문의 밀폐된 상태를 요구하고 있다.

이 같은 새규정이 정말 경제적인가는 개개 건물을 분석해 보아야할 일이지만 여하튼 국민경제면에서 에너지 절약에는 큰 효과가 있다 하겠다. 우리나라는 최저단열치 제정에서 현국

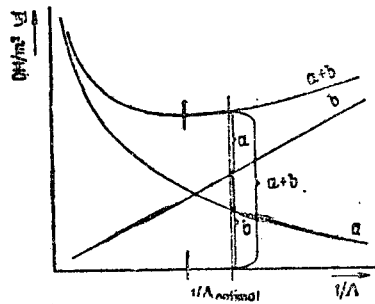


그림 2. 열통과 저항의 최적치 결정
a; 에너지 비용 $DM/m^2 \text{ year}$
b; 방열 비용 //

민 경제적 역량과 에너지 절약 정책 및 건축비용 등을 감안하여 그림 2와 같은 방법을 써서 몇 년 앞당겨 정한다면 많은 연료수입을 절감할 수 있을 것이다. 이로 인한 개개인의 경제적 부담을 연료절감에서 얻은 국가적이득에서 보상해주는 정책적 뒷받침도 미리 고려하고, 정해 주어야 할 것이다.

2. Boiler 시스템에서의 에너지 절약방안

서론에서도 말했지만 건물 난방 열효율이 45% 주요원인중의 하나는 boiler의 열손실이다(정지 손실).

무엇보다 oil 전소용 boiler 시스템의 개량이 선결문제이다. 난방설비는 제일추운날을 기준으로 하므로, 실제 시설용량의 반으로 돌린다고 해도 난방일의 약 80%는 충족하게 되며 보통 boiler의 평균부하율은(온수까지 합쳐서) 30내지 40% 밖에 되지 않는다.

DIN 4702에 의하면 난방용 boiler의 효율은 79-85%에 놓여야되며, 연소실에서의 복사열 손실은 3-6%(배기가스 약 $250^{\circ}C$ 일때) 이상이 되면 안된다(실제 약 1-3%에 놓임).

제일큰 열손실은 배기가스손실과 boiler 정지시 boiler를 통과하는 찬공기가 빼앗아가는(boiler 열교환면에서) 열손실이다.

그러므로 난방시스템에서 에너지를 최대한 절약 하려면

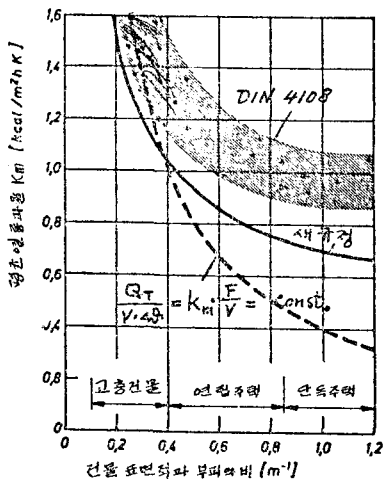


그림 1. 건물의 평균 열통과계수 km 과 V/F 와의 관계
(이중창문, 자연환기계수 $a \leq 2m^3/mh$)
 V =건물부피 (m^3)
 F =건물표면적 (m^2)

- 1) boiler를 자주 정지시키지 말것
- 2) 배열가스 열량을 이용할 것

그중 큰 문제로 대두되고 있다. boiler 정지를 자주하지 않기 위하여는 boiler의 용량을 반으로 줄이고(건물 단열까지 고려하면 더적울 수도 있음) 보조 heating(전기 또는 heat pump 등등)을 써서 이를 첨예 부하시 사용하는 방법이 있으며, 전열기를 쓰는 방법은 경제성이 없고 문제점들이 있어 요즘 피하고 있다. heat pump를 쓰는 방법은 요즘 매우 흥미를 돋우고 있다. 특히 그중 gas-engine, compressor-heat pump에 대하여 간단히 소개한다.

송전손실	3%
모터효율에서→	3%
압축기 받는일	27%
열펌프에서 얻은일	70%
} 97%	

즉 97%의 이용에너지를 얻는다.

이는 재래식 Boiler 시스템 효율 86%와 거의 비슷하여 별이득이 없다.

• Gas Motor(그림 4.5참조)

rotation piston motor $\eta=25\% \rightarrow QH=161\%$

왕복 piston motor $\eta=35\% \rightarrow QH=185\%$

로 전기모터 사용시와 비교하면 현저한 차가 나며, 연료에너지의 86%가 직접 시스템에 이용된

3. 가스기관 압축기-열 펌프 시스템

이제까지 열펌프는 air conditioning에만 사용되었고, 전기 모터로 압축기를 돌렸다.

요즈음은 heat pump를 이용하여 난방에 필요한 열량을 얻으려는 노력이 대두되고 있다. 즉, 주위에서(물, 땅 또는 주위공기) 열을 얻어 높은 온도 level로 열펌프하여 덥힐 방으로 열을 보내 주고 있다.

여기서 문제는 온도 level의 차가 커짐에 따라 열펌프의 출력계수(Leistungsziffer) ϵ 가 적어진다는 것이다.

$$\epsilon = \frac{\text{난방용으로 주어진 열량(연은열량)}}{\text{압축기에 소요된 전기량}}$$

=3~4이면 경제적이다.

그러므로 열펌프는 난방용 온수온도가 낮은 온물이든가, 천장 또는 넓은 열교환 면적을 갖는 heating system에 사용되며 이때 열원은 년중 온도변동이 적은 지하수라든가 지열을 이용하고 있다.

지하수와 지층 이용도 한정되어 있어 대기 열을 요즘 많이 사용하고 있다. heat pump 이용에 있어서 전기모터로 돌린 압축기와 가스엔진으로 돌린 압축기를 사용할 경우 어느만한 최종 이용에너지가 생출될 것인가를 상호 비교하면 :

• 전기모터(그림 3 참조)

발전효율(발전소) 33%, 즉 67% 손실

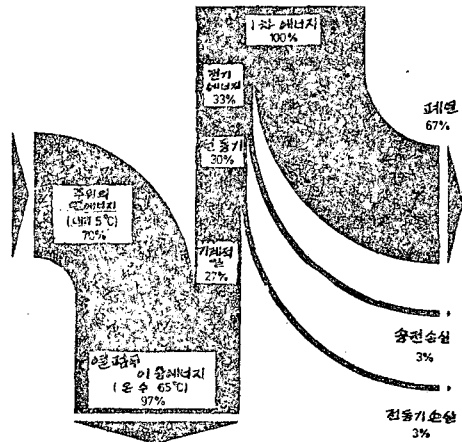


그림 3. 전기모터-열펌프의 에너지유통도

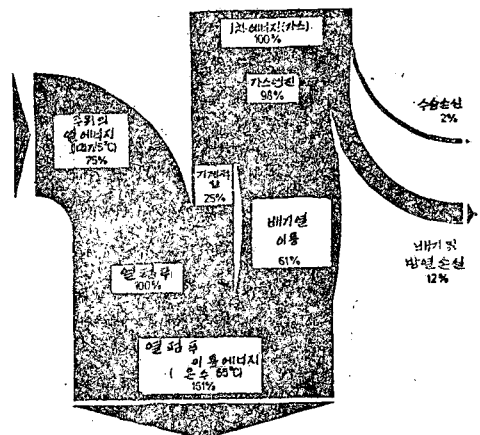


그림 4. 가스엔진-열펌프 에너지 유통도 (Rotation engine)

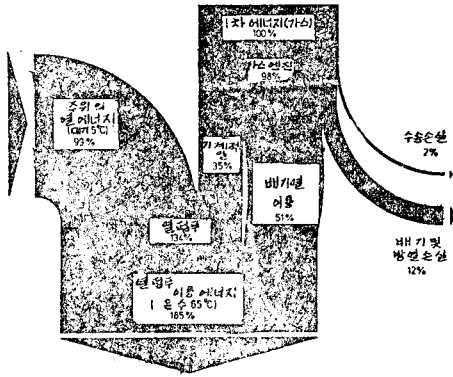


그림 5. 가스엔진 열펌프에너지 유통도(왕복피스톤 엔진)

데 큰 원인이 있다. 배기열을 condensing에 이용하여 온도 level차를 적게하여 출력계수를 좋게 할수 있는 조건도 있다. 배기열 이용으로 gas engine에서는 대기온도 0°C 이하에서는 열펌프를 효율적으로 운영할 수 있다.

경제성 검토

- 전기모터

boiler system보다 시설비가 비싸고, 수리 및 보수유지비가 많이들어 약간의 에너지 절약이 큰 효과가 없다.

아직 재래식에 비해 더 경제적(스위스, 노르웨이 등 제외)이라고 볼 수 없다.

- gas engine

시설비가 2배라 하더라도 평균 50%의 연료절약 때문에 경제적이다. 다만 이도 독립주택(1가족 내지 2가족 정도)에만 한하고, 큰 아파트는 아직 확실한 실험치가 없다.

소음 및 잦은 수선 또는 관리가 문제점으로 매 두되고 있다.

개발문제

단독주택 및 빌딩을 heating 하려면 약 6부터 400KW의 열량이 필요하다. 즉, 열펌프를 이용한다해도 1—75KW의 가스엔진이 요구된다. 이 크기의 engine은 현재 10만km의 수명 즉 1000시간의 수명을 갖고 있는데, Otto- 또는 diesel engine을 gas engine으로 개량설계하고 수명고 보수유지 간격을 재래식 boiler system과

맞게 그 부품을 새로 개발해야 한다.

특히 해결해야될 문제

- 최적한 gas engine-compressor-aggregate를 여러층의 출력에 관해 요즘 자동차 처럼 개발해야 한다.
- 그외 이 시스템의 자동화의 개발문제
- 0°C 이하를 위한 열교환기의 개발
- -20°C부터 +200°C에 견딜 새로운 냉매의 선택시험 등이 문제점으로 남아 있으며

해결방안

- 현재 시장에 있는 1내지 75KW의 내연기관을 gas engine화 할 수 있나를 검토
- 1단 내지 2단짜리 압축기의 운전시험을 통하여 상기 aggregate에 적합한 압축기를 선정, 개량설계하는 방안과 예로서 : Wankel motor-Wankel compressor로 개조, 보통 engine의 4-cylinder 중 2개는 동력, 2개는 압축용으로 사용하는 方法.
- 열펌프의 자동제어시스템의 개발로 상기 gas engine에 서로 맞게 시스템화하는 방법 및
- 0°C 이하의 열교환기에서의 동결 예방 방안 고안 등이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 독일 연방 과학성(BMFT)에서는 가스회사(Ruhrgas)와 자동차회사(VW와 Audi-NSU)에 연구비를 지급하고 있다.

잇 결

- gas engine heat pump system을 사용하면
- 서독에너지 총 소비량의 40%를 차지하는 건물 난방에 드는 연료의 50%를 절약 할수 있다.
- 대기를 열원으로 사용하므로 도시밀집지역에서 열에 의한 공기공해를 절감하고, 유독가스공해 또한 반으로 준다.
- 이원리를 재래식 system에 이용할 수 있다 (Boiler 뒤부터)
- 가스엔진—열펌프 시스템의 실례
유롭 첫 가스 열펌프 시스템은 서독 Dortmund 의 Wellinghofer 노천수영장에 설치되어 작년부터 가동되고 있으며 이하 간략히 소개한다.
그림 6의 에너지 유통도에서 보듯이 연료 100이

주입되어 그중 70이 엔진에서 손실되며, 30이 기계적 에너지로 변환하여 열펌프를 돌려 주위의 대기에서 150의 열을 얻어 180의 수영장 물을 데우는 데 이용한다.

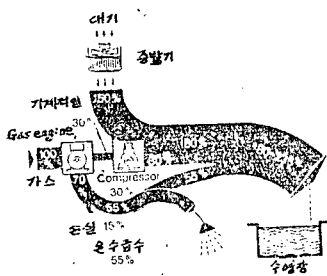


그림 6. Wellinghofer 수영장 가스-열펌프시스템의 에너지유통도

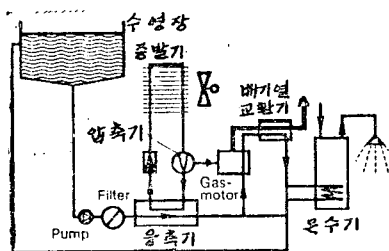


그림 7. Wellinghofer 수영장 가스 열펌프시스템에 설치도

한편 손실열 70중 55가 온수기에서 다시 얻어져 샤워에 쓰여지던가 수영장에 공급되어, 결국 100의 연료로 235의 이용에너지를 얻는 결과가 된다. 이로서 재래식 boiler의 효율 85%에 비한다면 60% ($1 - 85/235 = 0.64$) 이상의 연료절약을 할수있다.

이 수영장을 가스-열펌프로 운영하는데는 시간당 600,000 kcal (700kW)의 열량이 필요하며 Tortmund시는 년 약 120,000m³의 가스가 소요될 것이라 추산하고 있다. 만약 재래식 시스템 썼다면 320,000m³의 가스가 년간 필요하다.

이 시스템은 다음과 같이 작동된다. 열펌프 싸이클(대기/물-시스템)에서 바깥 공기는 증발기(대기 냉각기)를 지나면서 2°C로 냉각되며, 이때 잃은 대기열은 냉매에 전달되어 압축기로 보

내진다. 압축기에서 압축된 냉매는 약 50°C로 가열되어 응축기(condenser)에 보내지며, 여기서 26°C로 냉각되며 동시에 이열은 수영조의 물에 전달되어 물의 온도를 24°C로 유지시켜준다. 원동기로는 6기통 4 takt 가스 엔진을 사용하고 있으며, 그출력은 112 ps (83KW)이다. 엔진의 냉각수열과 배기열은 샤워용 온수를 덤히는데 사용하고 있다.

이외 서독 Heidenheim에 있는 pilot plant에서는 가스모터들의 총출력 700KW로 283 家口의 heating의 90%를 충당하고 있으며, 나머지 10%는 첨예부하용 boiler와 열저장탱크가 맡고 있다. 이때 engine 소음은 기계실에서는 108 dB(A)나 되나, 각 아파트실내에서는 6 dB(A)에 불과하다고 한다. 서독 냉난방 규정에 의하면 실내소음 최고치는 35-40 dB(A)이다 (DIN 1946 Blatt 2).

4. Air Conditioning System에서의 에너지 절약

가. Air Con. 시스템과 그의 에너지소비량

에어콘 시스템의 에너지는 난방용과 냉방용으로 구분되며 난방용으로는 대개 화석연료가 사용되며 냉방용으로는 전기에너지가 사용된다. 고층 건물의 air con. 시스템을 구분하여 보면 그림 8과 같이 4종으로 나눌수 있으며 바깥 공기량이 많으면 많을수록 에너지가 많이소요되며, 이는 에지너 재생을 통하여 절약할 수 있다.

재생열을 이용한 에너지의 절약
바깥공기 배분이 많은 경우는 소요 에너지 일부를 재생열을 이용하여 공기를 예열하므로써 에너지를 절약할수 있으며 이의 중요한 재생방법은 그림 9에 열거한것과 같다.

각 시스템을 서로 비교하기 위하여 가능한 최고효율 ϕ 와 부가적 필요에너지를 기입하였다.

$$\phi = \frac{\text{재생하여 얻은 열량}}{\text{재생할 수 있는 최대열량}}$$

난방에너지 절감을 위한 최근 西獨의 난방기술

<p>산업용 건물 (배: 신도시) 지열시스템</p>	<p>1800 내지 5400</p>	<p>순진한 바깥 공기로 운전</p>	<p>환기에 에너지소모大, 배기에 큰 열량이 배출, ∴ 나쁜 공기 배출 환기도 큼 (L. W)</p>
<p>백화점 지열 또는 고압시스템</p>	<p>3600</p>	<p>일부배기를 제사용, (고정량)</p>	<p>냉각 에너지가 큼 환기 에너지 보통 배기 에너지 보통</p>
<p>빌딩 고압시스템</p>	<p>3600</p>	<p>" (공기량조정)</p>	<p>냉각 에너지가 큼 배기 에너지가 적다. Zonenverteilung 要 최소 규정외기량 } → 외기 rate 최고 인원수 } 각실마다 열부하다름</p>
<p>빌딩 고압시스템</p>	<p>8000</p>	<p>순진한 바깥 공기로 운전</p>	<p>환기 및 배기 에너지가 큼 Zusatz Filter 要. Dezentrale Anlageausführung 8.</p>
<p>건물의 종류</p>	<p>년가동시간</p>	<p>운전조건</p>	<p>특 성</p>

그림 8. 대형건물의 에어컨 방식의 종류와 에너지소비에 미치는 영향

System	이룰수있는 효율 $\phi = Q_R / Q_{max}$	부가적에너지	배기 및 공급 공기 duct가 같은 곳에 있어야 하나	이미 설치된 시설에 가설가능 한가	기술적현황
<p>排氣의 부분이용</p>	<p>0.75</p>	<p>공기 저항</p>	<p>그렇다</p>	<p>대단히 제한됨</p>	<p>실제사용중</p>
<p>Cross Heat Exchanger</p>	<p>0.75</p>	<p>공기 저항</p>	<p>"</p>	<p>"</p>	<p>"</p>
<p>Regenerativ H. E</p>	<p>0.90</p>	<p>공기 저항 同轉子동력</p>	<p>"</p>	<p>"</p>	<p>"</p>
<p>순환씨스템의 pin coil H. E.</p>	<p>0.90</p>	<p>공기 저항 pump 동력</p>	<p>그렇지않다</p>	<p>제한 없다</p>	<p>개발 중에 있음</p>
<p>Heat pump</p>	<p>>1.0</p>	<p>공기 저항 압축기동력</p>	<p>"</p>	<p>제한 없다</p>	<p>실제사용중</p>
<p>Heat pipe</p>	<p>0.9</p>	<p>공기 저항</p>	<p>그렇다</p>	<p>대단히제한됨</p>	<p>개발 중에 있음</p>

그림 9. 열의 재생씨스템

그림에서 보듯이 모든 시스템에서 공기저항(유체 저항)을 이길 수 있는 동력(선풍기)이 필요하며, heat pump에서는 compressor를 돌려야 하므로 막대한 부가적 동력이 필요하다.

하지만 이 에너지도 proses에 다시 이용되므로 상관없다. (효율이 1.0 이상이 되면 이를 증명한다) 모든 다른 시스템에서 ϕ 는 1.0보다 적다.

재생시스템을 이용함에 있어 또한 고려해야 될 것은 열교환이 서로 먼거리에서 이루어질 수 있으나, 또는 air flow(유입공기와 배기)가 서로 인접해있어야 하는가 하는 문제이다. 이는 설치된 air con. 시설에 부가적으로 재생시스템을 가설할 수 있으나 없나를 결정하는 데 큰 영향을 준다. 그림 9에 의하면 heat pump와 순환시스템을 갖는 pin coil heat exchanger 만이 먼곳에서 재생시킬 수 있다.

열펌프는 이미 알려지고 실용화되고 있으나, pin coil 순환시스템은 지금 그 적격여부가 시험중에 있다.

새 시설에 있어서의 에너지 절약방안

가) 건물물리적방안

- (1) 단열조치
- (2) 건축물의 열저장
- (3) 더좋은 태양광선을 막는장치

나) air con. system

열 또는 냉각부하 구역의 구분과 각구역의 공기조화조건의 자동조정은 시설비가 많이들지만 에너지 절약에 매우 유효하다.

나. TUV-koln 건물의예

그림 10에서 보듯이 2-duct. system을 설치

하여 mix box로 air conditioning하게 되어 있으며 mix box에서 배기도 섞을 수 있게 되어 있다. 이의 창문공기막 시스템을 설치한 사무실은 연중 반밖에 사용치 않으므로 사무원이 없는 밤이나 휴일등에는 air screen만 단독운행 하여 에너지를 절약한다. air screen은 밑에서 위로 향했으며 창문측마다 약 90m³/h의 공기량으로 작동된다.

장점은

바깥온도가 매우차든가, 더울 때 열의 방벽 역할을하여 기저난방 및 기저냉동출력에 이상을 주지 않는다.

즉, 주 air con. 시스템은 기저부하에만 이용되어, 에너지공급에서 항상 일정양에서 일하며 각방에 mix box와 자동제어장치의 설치로 시설비가 많이 들지만 이로써 모든방에 필요 이상의 열 및 냉동에너지가 들지않게 방지하므로써 에너지의 낭비를 막아 결국 유리하다.

5. 지역난방 시스템

연료절약의 보다큰 고차원적 방법은 발전소폐열을 이용하는 방법이다. 이는 열병합발전을 하므로써 폐열(67%)의 대부분을 도시난방에 이용하여, 전시스템의 효율을 발전소의 35%에서 75-85%로 올리는 매우 효과적인 시스템을 말하며 서독 발전소들의 폐열을 전부 이용할수 있다면 서독전체의 난방열을 총당하고도 남는다고 추정되고 있다.

현재서독의 폐열이용 난방은 총난방에너지의 2%에 불과하나, 정부로서는 이의 적극추진을 위

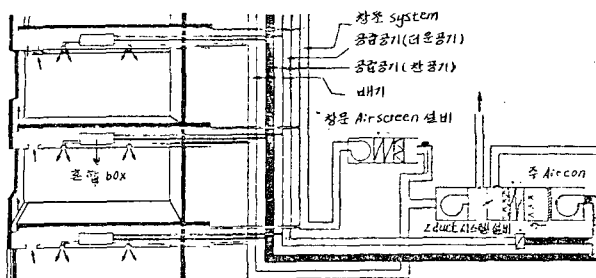


그림 10. 2 Duct 및 창문 air screen 콤비 시스템

하여 Essen을 중심한 Ruhr지방에 대형 지역난방 시스템을 설계하여 막대한 연구비를 투입하여 연

구중에 있다.

열병합 발전소와 재래식 발전소와의 비교를 그림 11에 도시하였다.

그림 11에서 보듯이 같은 용량의 전력을 공급하기 위하여서는 열병합발전소에서 용량의 증설이 요구되며, 262 MJ 대신에 313 MJ의 연료를 요한다. 열병합발전에서 발전되는 전력(kWh)과 난방에 공급되는 熱量(GJ 또는 Gcal) 비를 電力係數(Stromkennzahl)라고 하며, 그림 11의 예에서는 152kWh/GJ (640kWh/Gcal)이다. 이 예에서 보느바와 같이 1GJ의 난방열을 얻기 위하여 연료열 0.28 GJ 만큼만 재래식발전 때보다 더 사용하면 된다. 즉 열병합발전을 하므로써 부가적으로 더 투입된 연료의 3배 만한 열을 얻어 내고 있다.

보통 지역난방만 하기 위한 난방소(발전없이 열만 생산하는곳)에서는 1 GJ의 난방열을 위하여 약 1.18 GJ의 연료가 소요되고 있으며, 상기에 의 0.28 GJ은 이의 25% 밖에 되지 않는다.

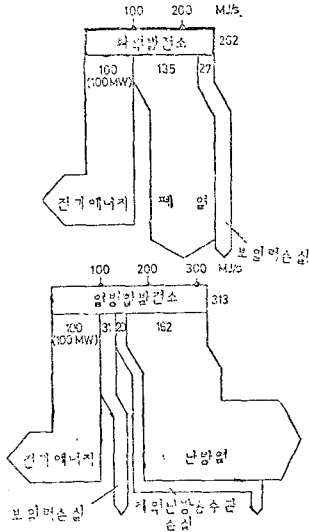


그림 11. 재래식 화력발전소(condensing plant)와 열병합발전소(배압식)와의 비교

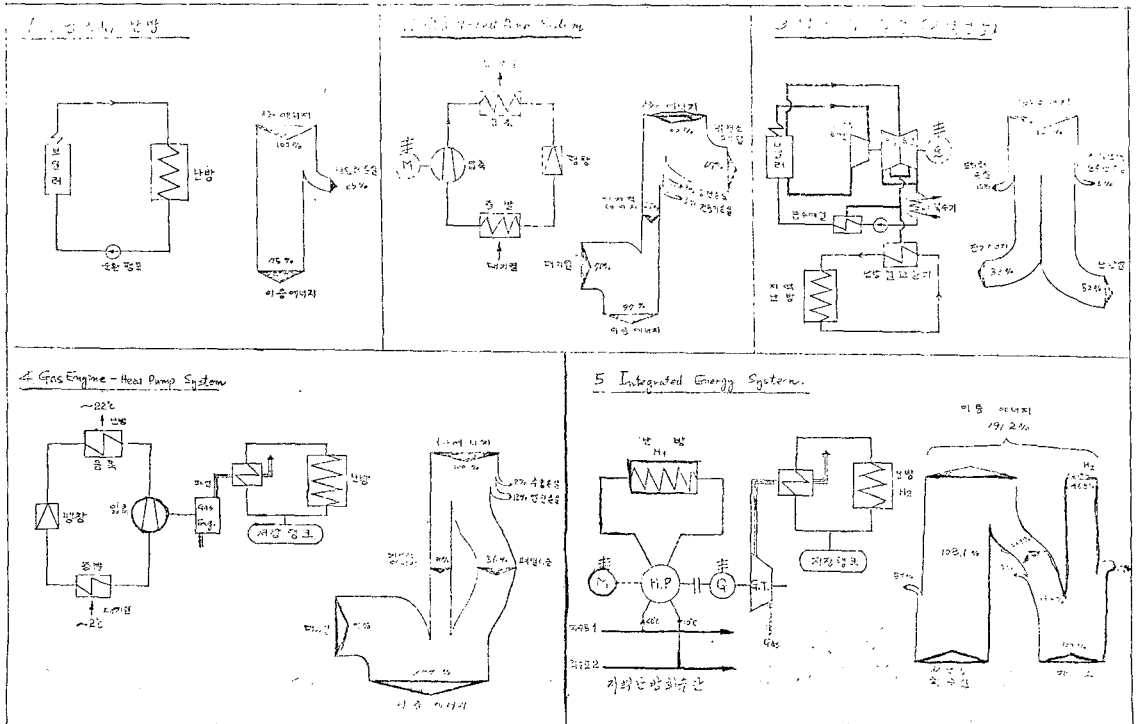


그림 12. 난방 system의 유형

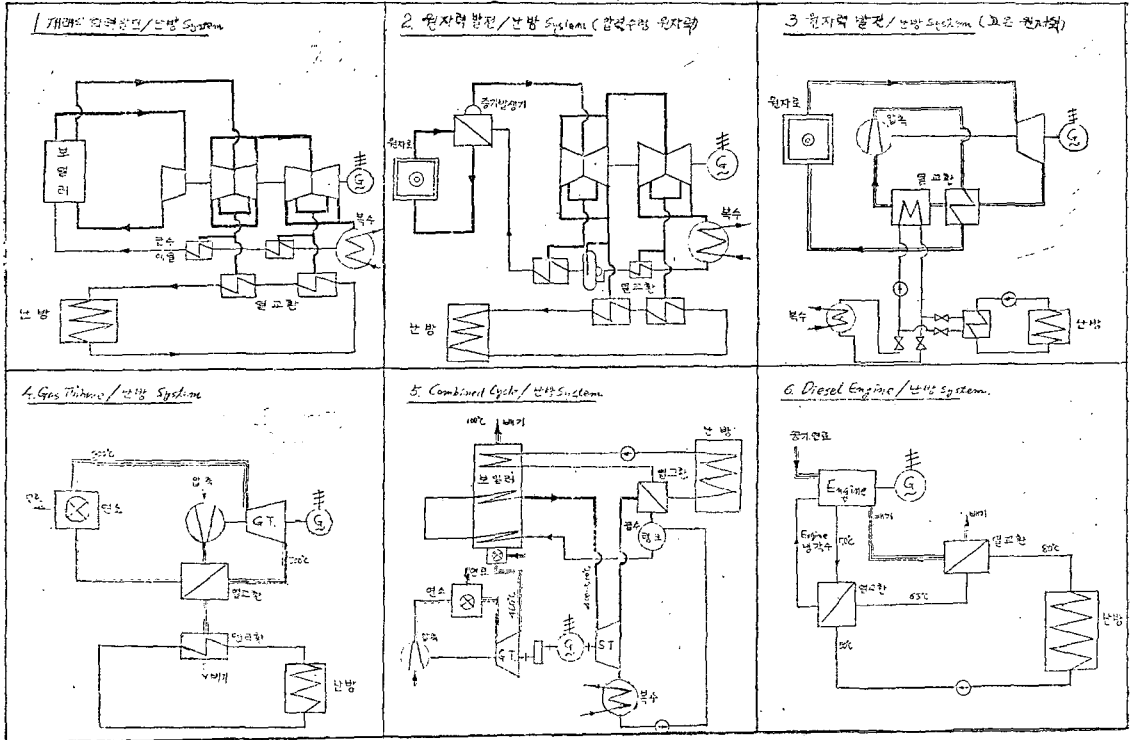


그림 13. 화력, 원자력 및 내연기관 발전소의 열병합 계통도

그림번호	증 기 발 전 소			gasturbine offener Prozaß	부 합 발 전	diesel oder gasmotor
	배 터 안 빈	추 기- 수 수- 터 빈	추 기- 수 수- 터 빈			
2.1/2a)	bis 100	2.1/2b)	2.1/2c)	2.1/3b)	2.1/3a)	2.1/3c)
시설용량범위 MW		5-300	60-700	1-100	10-130	0.1-20
열효율(복수 cycle)		33-40	33-41	22-30	33-40	38-40
열병합 총연료이용율	83-80	bis 80 ¹⁾	bis 80 ¹⁾	65-83	65-83	60-80
전력계수 난방공급수 온도		120-165		100-200	150-300	diesel 253 -330 gas 120-205 wie vor
$t_p-160^{\circ}\text{C}$		75-110		100-200	160-300	
전기출력감퇴치 by $t_p-80^{\circ}\text{C}$	16-30 ²⁾	16-30 ²⁾	16-30 ²⁾	1, 2-2, 4	10-25	1, 2-2, 4
$t_p-160^{\circ}\text{C}$	45-60	45-60	45-60	1, 2-2, 4	39-45	2, 4-4, 8
부분부하 효율	gut	gut	gut	schlecht	gut	sehr gut
starting 시간 h	1-3	1, 5-3	2-4	0, 1-0, 15	0, 5-1	0.03

- 1) 복수기쪽 전력생산량에 따라
- 2) 난방회수온도, 복수압력, 급수 가열단수 및 기계의 크기에 따라

표 1 여러 열병합발전시스템의 중요 data의 상호비교

일반 가정용 boiler 난방시스템의 연간 평균 효율을 60%라고 추산하면, 1 GJ의 난방열을 위하여 1.7 GJ의 연료가 소요된다. 반면 열병합발전에 의한 난방시스템에서는 열운송손실(발전소에서 사용처까지의)을 감안한다해도 0.32 GJ 만큼만 추가적 연료만 소요되며, 이는 약 20%에 해당되는 연료량이다. 참고로 여러가지 난방시스템을 그림 12에 도시하여 연료의 이용율을 비교한다. 그림 13에는 여러가지 열병합방식을 소개하였고, 이들 시스템의 공학적 data들을 표 1에 열거하여 상호 비교하였다.

이같이 열병합발전은 막대한 연료절약, 공해절감, boiler 운전 및 보수에 필요한 인원과 비용이 없어지고 무연탄 또는 석유의 저장 및 boiler 자체가 갖고 있는 공간이 필요없게 되고 건물내가 깨끗해 진다는 이점이 있으나 발전소자체의 추가적 투자는 물론 열공급, 수송에 막대한 시설비가 소요되므로, 적절한 수요공급과 열, 전력 배분에 세밀한 사전조사와 계획 없이는 앞의 여

러 장점도 허사가 되기 쉽다.

작년 9월 터키의 이스탄불에서 있는 국제에너지 콘퍼런스에서 지역난방의 20년 역사를 갖인 스웨덴은 지역난방을 통해 얻은 연료절약이 년평균 2%밖에 안된다고 비관적인 보고를 하였고 영국과 불란서 등도 같은 의견을 제시한 반면, 소련 체코, 불가리아 등 동구제국은 많이 이득을 얻었다는 반대의견을 제시 하고 있어, 지역난방 문제는 매우 심각한 사전검토가 있어야 할 줄 안다.

참 고 문 헌

1. Aktuelle Wege zu Verbesselter Energieanwendung VDI-Bericht 250, Düsseldorf 1975.
2. Brennstoff-Wärme-Kraft. Band 29, (1977) Nr. 6. p.225.
3. Gesamtstudie Fernwärme (Kurzfassung) BMFT 1977.