

1. 기후온난화와 에너지대책에 대하여 논술하시오. (pp.19~49)

오늘날 기술과 경제의 발전에 따라 인류의 활동이 활발해지면서 에너지의 소비가 증가하며 지구촌의 환경 문제가 제기되고 있다. 지구온난화가 그 대표적인 예시로 산림파괴와 화석연료 사용량의 증대로 인하여 이산화탄소 농도가 급증한 것이 가장 큰 원인이다.

기후온난화는 지구 생태계 및 인간의 활동에 다양한 영향을 미친다. 지구 평균 기온의 상승은 강수량이나 증발을 증가시키고 각 지역마다 농작물 재배 조건이 달라져 같은 지역에서 재배할 수 있는 농작물의 종류가 변한다. 이는 인류의 식량 공급에 큰 영향을 미친다. 또한 기후온난화로 인한 해면 수위 상승은 생산력이 높은 토지와 수천만 명의 보금자리를 앗아갈 수 있다. 온실가스의 증가에 의한 급속한 온난화는 생물의 종의 생존을 위협하고 종의 절멸을 일으켜 생태계를 파괴한다. 어떤 종이 생식하고 있는 장소의 조건이 변하게 되면 변화에 적응하지 못해 죽을 수 있고, 생존하기 위해서는 다른 곳으로 이동하거나 환경 변화에 적응하도록 스스로 변해야 한다. 하지만 식물의 경우 동물과 달리 이동에 제한이 있어 생존하기 어렵다. 특히 온난화로 인한 기후변화는 전염병과 병충해가 발생하는 범위를 확대하고 피해를 증가시키는데, 이를 막기 위해 여러 가지 화학 약품을 사용하면 인류의 건강에도 악영향을 미친다.

지구온난화에 대처하는 인류의 노력 여부는 선택이 아닌 필수가 되었기에 전 세계의 공동 협조가 필요하다. 특히 지구온난화의 가장 큰 원인은 온실가스인데 그 중 이산화탄소가 64%를 차지한다. 화석연료의 사용은 이산화탄소 배출량의 증가를 낳기 때문에 이를 대체하기 위한 신에너지 개발의 필요성이 화두에 오르고 있다.

현재 개발 및 상용화 중인 대체에너지는 대부분 공해가 거의 없고 유지보수 면에서 경제적이라는 장점을 가진다. 하지만 설치 조건이 까다롭거나 발전소 건설 비용이 높다는 단점을 가지고 있어 활용하기 까다롭다. 현재 신재생에너지 개발에 가장 적극적인 곳은 유럽이다. 특히 2030년까지 원전을 모두 폐기하기로 한 독일은 신재생에너지의 개발에 적극적으로 나서고 있다. 신에너지는 수소, 연료전지, 석탄액화가스 등 3종을 지칭하고 있고, 재생에너지는 태양열, 태양광, 바이오, 풍력, 수력, 지열, 해양, 폐기물 등 8종을 의미한다.

<신재생에너지>

1. 수소 : 물이나 그 밖에 연료를 변환시켜 수소를 생산하거나 이용
2. 연료전지 : 수소와 산소의 전기화학 반응을 통하여 전기 또는 열을 생산
3. 석탄액화·가스화 : 석탄의 저급연료를 액화 또는 가스화시켜 전기 또는 열을 생산
4. 태양열 : 태양의 열에너지를 변환시켜 에너지원으로 이용
5. 태양광 : 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기를 생산하거나 채광에 이용
6. 바이오 : 생물유기체를 변환시켜 에너지원을 생산
7. 풍력 : 바람의 에너지를 변환시켜 전기를 생산
8. 수력 : 물의 유동에너지를 변환시켜 전기를 생산
9. 지열 : 물, 지하수 및 지하의 열 등의 온도차를 변환시켜 에너지를 생산
10. 해양 : 해양의 조수·파도·해류·온도차 등을 변환시켜 전기 또는 열을 생산
11. 폐기물 : 폐기물을 변환시켜 연료 및 에너지를 생산

고갈되는 화석연료와 온실가스 감축을 위해서 화석연료를 대체할 수 있는 유력한 에너지는 신재생에너지이다. 따라서 전 세계는 기후온난화의 속도를 늦추기 위한 에너지 대책으로 신재생에너지의 개발 투자를 앞세우고 있다.

2. 발전시설의 열사이클을 도식화하고 설명하시오. (pp.79~86)

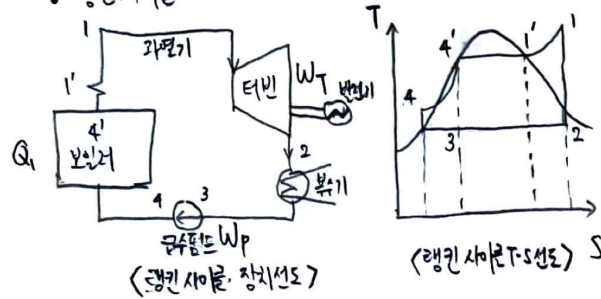
• 카르노 사이클

유체가 여러 가지의 연속적인 상태변화를 받아서 출발했고 그 본래 상태로 다시 돌아갈 경우, 상태를 나타내는 곡선은 폐곡선이 된다. 이러한 연속적 변화의 과정을 사이클이라고 한다. 그림1과 같이 2개의 등온 변화와 2개의 단열 변화로 이루어진 사이클을 카르노 사이클이라고 하고 P-V 선도인 그림1을 그림2와 같은 T-S 선도로 바꾸어 나타낼 수 있다. 하지만 T-S 선도에서 1-1'의 등온 팽창이나 3-4의 단열 압축은 현실적으로 불가능하기 때문에 실제로 사용되는 열 사이클과는 차이가 존재한다. 아래에서 설명할 열 사이클은 보다 현실적인 사이클로 증기터빈을 이용한 기력발전이다. 대표적으로 랭킨 사이클이 있고 랭킨 사이클에서 효율을 개선한 재생 사이클, 재열 사이클, 재생재열 사이클이 있다.

(그림 1)

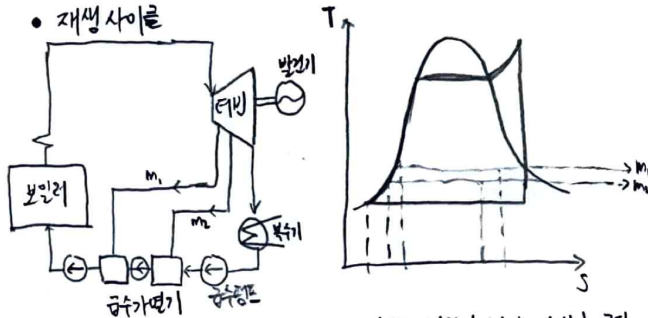
(그림 2)

• 랭킨 사이클



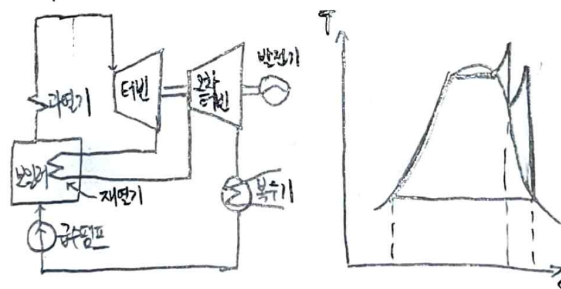
T-S 선도에서 4-1의 과정은 보일러에서 열 Q_1 을 받아 물을 정압가열해서 과열 증기로 만드는 과정이다. 1-2 과정은 터빈에서 증기가 일을 하는 과정으로 단열 팽창한다. 2-3 과정은 복수로 정압 방열 과정을 거쳐 증기가 다시 물로 변하게 한다. 마지막으로 3-4 과정은 펌프가 물을 받아 물을 단열 압축하여 보일러로 보내는 과정이다. 한편 효율 η 은 $\frac{W_{T}-W_P}{Q_1}$ 로 구할 수 있고 이는 $\frac{W_{T}-W_P}{Q_1}$ 와 같으며 터빈이 하는 일에 비해 펌프의 일이 보통은 매우 작아 무시할 수 있으므로 $\frac{W_T}{Q_1}$ 로 계산이 가능하다. T-S 선도의 폐곡선 면적 크기는 효율과 관련이 있으므로 사이클의 효율을 개선하기 위해 T-S 선도의 폐곡선 면적을 키우면 되고 그 방법은 다음과 같다.

• 재생 사이클



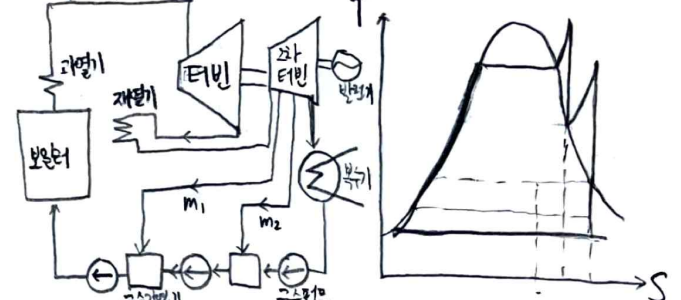
랭킨 사이클에서는 복수기에서 냉각수로 빼앗기는 열량이 많아 손실이 크다. 증기터빈에서 팽창하는 증기를 일부 추가해서 그 열을 급수 가열에 이용하면 열효율을 높일 수 있다. 이러한 방식으로 만들어진 사이클을 재생 사이클이라고 한다. 여기서 T-S 선도를 그릴 때 급수 펌프가 하는 일은 무시하였다. 추기단수를 늘릴수록 열효율이 증가하는 경향이 있지만 어느 단수 이상에 도달하면 도화현상이 나타난다. 보통 4~6단, 대용량 터빈의 경우 9단까지 추가한 예도 있다.

• 재열 사이클



재열 사이클은 T-S 선도에서 볼 수 있듯이 일정 압력까지 터빈에서 팽창한 증기를 보일러에 되돌려서 다시 온도를 높인 뒤 2차 터빈에 보내서 팽창시키는 방식이다. 이러한 방식으로 얻어진 재열 증기는 압력은 낮지만 온도가 비교적 높아져서 팽창 공정에서의 습도가 낮아지므로 열효율을 개선시킨다.

• 재생재열 사이클



재생 사이클과 재열 사이클의 특징을 잘 살려서 합친 것이다. 효율은 가장 높게 증가시킬 수 있다는 장점을 가진다 동시에 유지관리 난이도가 상승한다는 단점을 가진 것이 그 특징이다.

3. 변전설비의 효율적 관리 방안을 설명하시오. (pp.96~99)

변전 설비의 효율적인 관리를 위해서는 수용률, 부하율, 부등률 등에 관한 내용을 정확히 숙지하고 이러한 전력 특성을 현장에 접목시킬 줄 알아야 한다. 각 내용에 대한 설명이다.

(1) 수용률(Demand Factor) 관리

$$\text{수용률(\%)} = \frac{\text{최대수요전력}k\text{ W}}{\text{총설비용량}k\text{ W}} \times 100$$
, 수용률은 총 전기설비용량에 대한 최대 수용 전력의 비를 말한다. 전기 설비를 설계할 때 수변전설비의 용량이나 배전선의 굵기 등을 결정하는데 필요한 지표로 이용된다. 수용률은 계측하는 계절에 따라 값이 다르기 때문에 수변전설비의 용량 결정에 있어서 적정부하를 산정해야 한다. 또한 예상되는 부하 곡선에 따른 수용률과 부하율을 구하여 최대 수요 전력을 예측하고 장래의 수요 여유를 감안하여 적정 수변전설비의 용량을 결정한다.

(2) 부등률(Diversity Factor) 관리

$$\text{부등률} = \frac{\text{각설비의 최대 전력 합계}}{\text{합성 최대 전력}}$$
,
$$\text{합성 최대 전력} = \frac{\text{각설비의 최대 전력의 합계}}{\text{부등률}}$$
, 부등률은 최대전력합계와 그 계통에서 발생한 합성최대전력의 비를 말한다. 각 부하 설비가 모두 동시에 발생하는 것이 아니기 때문에 각각의 최대전력합계는 부하 전체의 합성최대전력보다 항상 크게 된다. 따라서 부등률은 반드시 1보다 큰 값을 가진다. 자가용 변전실에 있어서 각 분전반에 소속된 설비용량에 수용률을 곱하면 각 간선의 최대전력이 되는데, 이를 알면 변압기 용량과 모선의 굵기를 경제적으로 계산할 수 있다.

(3) 부하율(Load Factor) 관리

$$\text{부하율(\%)} = \frac{\text{평균부하전력}k\text{ W}}{\text{최대부하전력}k\text{ W}} \times 100$$
, 부하율은 일정 기간 중 평균부하와 최대부하의 비를 말한다. 부하율은 그 기간에 따라 일 부하율, 연 부하율로 표시하고 식에서 최대부하는 각 공장이나 건물에 설치되어 있는 전력량계의 지시 값 중 최대값으로 한다. 부하율이 클수록 전기 설비는 유용하게 사용된다는 뜻이고 낮으면 비효율적임을 의미하며 이는 전기 요금 측면에서 기본 요금의 상승 요인이 될 수 있다. 그리고 수용률이 낮은 상태에서 부하율이 좋은 것은 변압기의 과투자를 의미한다. 부하율이 좋은 상태란 최대 전력이 적고 평균 전력이 큰 상태, 즉 일정 기간 동안의 평활한 전력 사용을 의미한다.

(4) 변압기 과용량을 관리

$$\text{변압기과용량율(\%)} = \frac{\text{변압기용량}k\text{ VA}}{\text{최대부하}k\text{ W}} \times 100$$
, 변압기 과용량율은 100%일 때 가장 이상적이지만, 경제적이거나 안전율을 고려하여 100%보다 큰 값을 갖고 있다. 그러나 너무 크면 변압기 손실이 증가되고 변압기에 대한 투자비가 증대된다. 보통 공장이나 건물의 부하율이 80% 정도이므로 과용량율은 120~130%가 효율적이다.

(5) 변압기 이용률 관리

$$\text{변압기이용율(\%)} = \frac{\text{평균부하}k\text{ W}}{\text{변압기용량}k\text{ VA} \times \cos\theta} \times 100$$
, 변압기 손실비에 따라 다르나 이용률의 최고 효율점은 50~70% 사이이다.

(6) 수전설비 적정용량 판단계수(k)

$$\text{적정용량판단계수}(k) = \frac{\text{연간전력사용량}MWh}{\text{변압기용량}k\text{ VA}}$$
, 일조업시간에 따라 적정용량 판단계수(k)를 표와 비교하였을 때 k의 값이 표의 값의 범위보다 적으면 과용량을 의미하고 크면 부족용량을 의미한다.

일조업시간	8시간	8~12시간	12~16시간	16~20시간	20~24시간
k	1.3~1.8	2.0~2.7	2.7~3.6	3.3~4.5	4.0~5.4

4. 석탄가스화복합발전에 대해서 설명하시오. (pp.177~190)

석탄가스화복합발전(IGCC)은 석탄과 같은 화석연료를 가스화시켜 발생시킨 가스를 연료로 사용하여 전기를 생산하는 발전 방식이다. 석탄 전처리 설비, 석탄가스화 설비, 가스정제 설비(탈황, 탈진), 복합 발전 설비(가스터빈, 배열회수설비, 증기터빈 등)가 주된 구성 설비이다. 석탄가스화복합발전의 조업 과정은 다음과 같다.

- 1. 원료석탄을 분쇄한 후 가스화제(증기, 산소, 공기)와 함께 가스화로에 공급하여 가연성가스를 생성한다.
- 2. 가스 냉각기에서 가스를 냉각한다.
- 3. 분진과 유황산화물 등을 가스정제장치에서 제거한다.
- 4. 최종적으로 가스터빈연료로 사용되고 가스터빈의 배열과 가스냉각기로부터 회수된 증기는 증기터빈에 보내져 발전한다.

IGCC방식은 석탄가스화로, 가스정제장치 및 가스터빈 등의 성능을 향상시키면 높은 열효율(43~46%)을 달성할 수 있다. 석탄가스화로의 방식으로는 분류층 방식이 가장 적합하며, 경제성 측면에서는 가스화제로 산소보다 공기의 사용이 유리하나, 장치가 대형화되고, 발생 가스의 발열량이 낮은 단점이 있다.

석탄가스를 정제하는 과정에서 불순물로 분진이 발생하는데, 가스터빈 운전 시 마모를 최소화하기 위해서 이를 제거해야 한다. 고온·고압에서 분진을 제거하기 위하여 현재 전기 집진기, 입자층 여과기, 금속 소결 여과기, 그리고 세라믹 여과기 등이 사용되고 있다.

- 1. 전기 집진식은 운전비가 저렴한 반면 집진 효율이 낮고, 고온에 의한 전극의 영향이 크다.
- 2. 입자층 여과기는 구조가 간단한 반면 효율이 낮고 세정이 어려운 것이 단점이다.
- 3. 금속소결 여과기는 분진제거 효율이 높으나 금속의 부식성과 초기의 비용이 높고 운전 중 소재구조와 소결부분의 파괴 등의 문제점이 지적되고 있다.
- 4. 세라믹 여과기는 집진 효율이 높고 구조가 간단하며 설치비가 적게 드는 반면 재료의 파괴에 대한 세심한 기술이 요구된다.

가스터빈 시스템의 배기가스는 포화증기를 생산하는데 필요한 열원으로 사용되며, 발생된 증기는 다시 스팀터빈의 발전에 이용되어 복합발전을 하게 된다. 석탄가스화복합발전(IGCC)은 높은 발전 효율과 낮은 환경 영향 때문에 최근 대규모 발전소에서 많이 사용되고 있다.

석탄의 직접 연소와 가스화의 대표적 비교항목을 정리한 표이다.

비교항목	석탄직접연소	석탄가스화
운전온도	낮음	높음
회배출성상	주로 ash	주로 slagging
목적	고온가스	Fuel-rich 가스

5. 원자력 발전의 구조에 대해서 설명하시오. (pp.234~245)
- 원자력 발전이란 우라늄이 연쇄반응을 일으켜 막대한 에너지를 방출하는 것을 활용한 것이다. 원자로는 연쇄반응의 속도를 제어함으로써 지속적인 전기를 얻어내기 위한 장치이다. 핵분열 시 나오는 열로 증기를 발생시키고 고압의 증기로 증기 터빈-발전기를 돌려 전기를 생산한다. 원자력 발전소의 구조는 다음과 같다.
1. 핵연료
 - 천연에서 얻을 수 있는 유일한 물질 : U-235
 - 대개 고체상태 : 금속우라늄, 탄화우라늄, 산화우라늄 등
 2. 감속재 : 고속중성자를 효율적으로 열중성자로 감속하기 위해서 가벼운 원소로 구성된다.
 3. 냉각재 : 열전달 특성이 좋은 물질을 사용한다.
 4. 제어재
 - 핵분열 연쇄반응을 제어하거나 중성자의 배율을 변화시킨다.
 - 중성자 흡수가 커야 한다. (예 : 카드뮴, 붕소, 하프늄 등)
 5. 반사체 : 노심 주위에 설치되고, 중성자 산란에 의해서 반사되도록 하여 중성자의 누설을 방지한다. (예 : 물, 중수, 흑연 등)
 6. 구조재 : 압력을 높이기 위하여 압력용기를 만들어야 하고, 내부식성이 우수한 재질을 이용한다. (예 : 스테인리스강)
 7. 생체차폐 : 방사선으로부터 인체를 보호하기 위해 설계하는 시설 (예 : 콘크리트, 물, 철 등)

구 분	가압경수로	가압중수로
연 료	농축우라늄(U^{235} 약 2~5%)	천연우라늄(U^{235} 약 0.7%)
교체시기	발전정지 후(1/3씩 교체)	운전 중(매일 일정량 교체)
냉각재	감속재경수(H_2O)	사용중수 D_2O
사용개발국가	미국, 세계 원전의 60%	캐나다, 세계원전의 5%

- <원자로의 종류>
- 1) 가압경수로 : 우리나라 주력 원자로, 약 320℃에서 끓지 않도록 약 160기압의 고압을 유지한다.
 - 2) 비등경수로 : 핵반응이 일어나는 원자로용기 속에서 냉각수가 비등하여 직접 증기가 생산되는 개념으로 화력발전과 증기를 발생시키는 방법이 같다.
 - 3) 가압중수로 : 천연우라늄을 핵연료로 쓰는 방안으로 개발된 원자로
 - 4) 가스냉각로 : 물 대신 가스를 사용하여 냉각하는 원자로로, 초고온의 가스를 사용해 매우 높은 효율을 낼 수 있다.
 - 5) 고온원자로 : 일반적으로 출구온도가 1000K를 넘는 원자로로 화학적으로 안정한 헬륨을 사용하고 토륨을 사용할 수 있다는 장점이 있다.
 - 6) 고속증식로 : U-238을 핵분열성 물질로 변환하여 자원의 사용을 극대화하고 감속재가 필요 없으며 냉각재로 Na 를 사용한다.
 - 7) 핵융합로 : 핵분열의 반대 개념으로 태양은 자연계의 거대한 핵융합로이다. 핵융합로가 실용화되면 인류의 에너지 문제는 완전히 해결될 수 있다.

원자력 발전은 화석연료를 사용하는 발전소와는 달리 대기오염 및 온실가스 배출량이 적기 때문에 환경친화적인 전력 생산 방법 중 하나이다. 하지만 원자력 발전은 핵폐기물이나 원자력 사고 등의 위험부담이 있어 관련 기술 개발 및 관리가 필요하다.

6. 지열히트펌프 냉난방 시스템에 대해서 설명하시오. (p.290~

지열발전의 에너지원은 해양보다 약 1000배의 열용량을 가진다고 평가된다. 지열은 1km당 약 30°C씩 열이 증가되어 깊이에 따라 다양한 온도의 열을 이용할 수 있다. 지열에너지는 태양열을 흡수하는 과정을 통해 지하에 저장되며 지표면에 가까운 땅 속의 온도는 약 10~20°C 정도이고 지하 수 km에서는 40~150°C 이상의 온도를 유지한다. 지열은 약 3km 지점에서 약 90°C의 지열 온도가 생성되어 건물의 난방 및 급탕열로 사용되고, 지하의 5km 지점에서 약 240°C의 열이 생성되어 대용량 터빈 발전을 이용하여 전기에너지를 생산하는데 이용되고 있다.

<지열발전의 장점>

- 자연에너지를 효과적으로 이용한다.
- 연료가 필요 없다.
- 이산화탄소를 배출하지 않는다.
- 반영구적으로 안전하게 이용할 수 있다.
- 가동률이 높고 발전 원가가 저렴하다. (발전소 건설 및 히트펌프 구동 이외의 비용이 발생하지 않음.)

<지열발전의 단점>

- 대용량 발전소를 완성하기 곤란하다.
- 화산지대 등 지열이 나오는 지역에 한정된다.
- 자연경관이 뛰어난 장소가 많아 주변 환경과 조화를 도모해야 하는 등의 주의가 요구된다.

우리나라의 경우 화산지대가 거의 존재하지 않아 심층 지열은 제한사항이 많다. 따라서 현재는 100~150m 깊이의 지열을 이용하는 시스템의 개발이 점차 보급되고 있다. 그 대표적인 예시로 히트펌프 열교환기를 이용한 지열히트펌프 냉난방 시스템이 있다. 지열 히트펌프 냉난방 시스템은 지열 에너지를 활용하여 건물의 난방 및 냉방을 제공하는 시스템이다.

대체에너지원으로 활용하기 위한 지열원으로는 지표면으로부터 수십 미터 깊이의 흙, 또는 지하수, 호수나 강물 등을 들 수 있으며 이러한 지열은 통상 건물의 냉난방 열원으로 활용되는데 이를 위한 주요 설비로는 지열을 회수하기 위한 열교환기와 회수한 저온의 지열을 유효에너지로 변환시키기 위한 히트펌프가 있다. 히트펌프란 지열과 같은 저온의 열원으로부터 열을 흡수하여 고온의 열원에 열을 주는 장치로서 열을 빼앗긴 저온측은 여름철 냉방에, 열을 얻은 고온측은 겨울철 난방에 이용할 수 있는 설비이다.

지열시스템의 종류로는 크게 폐회로와 개방회로 2가지로 구분하며 지열을 회수하는 파이프(열교환기) 회로구성에 따라 나뉜다. 폐회로 시스템은 루프의 형태에 따라 수직, 수평루프 시스템으로 구분되는데 수직으로 100~150m, 수평으로는 1.2~1.8m 정도 깊이로 묻히게 되며 상대적으로 냉난방부하가 적은 곳에 쓰인다. 개방회로는 수원지에서 공급받은 물을 운반하는 파이프가 개방되어 있는 것으로 풍부한 수원지가 있는 곳에 적용된다.

폐회로에 비해 개방회로는 파이프 내로 직접 지열원이 회수되어 열 전달효과가 높고 설치 비용이 저렴하지만 유지보수가 어렵다는 단점이 있다.

지열에너지를 얻기 위해서는 시추하는 과정이 필요한데, 지하로 깊이 시추할수록 많은 에너지를 얻을 수 있어 효과적이지만, 시추 공사 비용 등 경제적 문제도 존재한다. 그러나 지열 히트 펌프를 설치한 신축 건물의 정보에 따르면 200m만 시추해도 충분하다는 사례가 있다. (신재생에너지공학 수업 시간 중)