ORC 발전 이란?

2017. 3. 1.

HTRD KOREA INC.

www.htrdkorea.com

* (주)에이치티알디 소개

1. 1986년 미국 Chicago. 이용락 박사님 설립

   에너지효율의 증대와 지구온난화 방지를 목적으로 연구개발

   - DOE & NASA 등 미 정부기관 협력연구개발을 주로 진행

2. 1992년 – "CFC's 대체 냉난방 기술" – 강연으로 한국에 공식 소개

   KIER. ADD. KIST. RIST. 등과 많은 과제 수행

3. 1988년 부터 HTRD KOREA 와는 동반자 관계

1991'~93년 : KIER 공동 Heat Pipe 및 고성능 Heat Sink 개발
1992'~93년 : 알미늄, 동, 스텐레스등 2종 금속 용접제 특허 획득
1992'~95년 : KIER과 공동 고온 폐열 열전발전 기술연구
1995년 : 화장품냉장고 Prototype 제작
1997년 : 열전소자를 이용한 냉온수기 특허 획득
1998년 : 고성능 Heat sink 제작방법 특허 획득
2000년 : 공업용 소형 에어컨 출시
2001년 : 화장품냉장고 상용화 출시
2003년 : 대한 민국 발명전 은상수상
2005년 : 농업용 "제습기능을 가진 공기조화기 기술이전" – 대통령상
2006년 : Asia cement ORC 3.2MW 건설 컨설팅 (미국 BNI TGU 도입)
2007년 : 현재의 HTRD KOREA를 설립 (미국 HTRD 투자 합작)
2010'~12년 : posco 계열사 성진지오텍에 기술이전 (ORC 발전기술)
2013년~ : BEP사 ORC Package제품 – Korea Agent 계약
2013년 ~: RIST(포항과학원) 열전발전 연구회 회원 위촉
2016년 : 포항공과대학교 와 열전발전기술개발 MOU체결
2017년 : 함양군생활폐기물소각시설 폐열발전(ORC) BEP 160kWe 공급– 상업발전시작

정부의 그린에너지 정책

- 2020년 온실가스 배출 전망치(BAU) 대비 30% 감축 목표 설정(2009.11월)
- 에너지 목표관리제(NA : Negotiated Agreement) 도입
  - 에너지 사용량,효율 목표를 기업과 정부가 협의.설정하고, 인센티브, 패널티 등을 통해 목표를 효율적으로 달성하는 제도
- 목표관리제 시범사업 신청 현황(2009.11월)
  - 50만 TOE(25개), 5만 TOE(13개), 2만 TOE(9개)

업종	철강	정유	석화	시멘트	화학	제지	자동차	식품
개수	3	4	11	5	2	1	1	1
업종	섬유	비철	반도체	디스플	기계	가전	발전	총계
개수	1	2	8	1	1	1	5	47

※ 1 TOE(Tonnage of Oil Equivalent) : 원유1톤의 발열량(cal), 1,000만kcal기준

미 활용 열 이용 발전의 당위성

⊙ 에너지 효율 개선이 최선의 에너지 · 온실가스 감축 방법

❍ IEA : 에너지효율향상으로 '30년까지 세계 에너지수요 20% 및 온실가스 60% 감축(IEA,'09)

- 온실가스 감축수단 : 에너지효율개선 60%, 신재생 22%, 원자력/CO2저장 18%

❍ 주요 선진국 : 미국, 영국, 일본 등 선진 16개국은 연간 0.9% 에너지 효율 향상 추진

- '95년 대비 '05년 에너지사용량 15%, CO2 발생량 14% 저감 달성 (IEA, '08)

❍ 국내 : 지원과 규제를 통해 에너지효율 향상 촉진

- 에너지효율향상 사업에 연간 5천억원 지원 ('95, 에너지이용합리화법)
- ESCO사업을 통한 활성화 **(HTRD는 LS산전과 협력 ESCO사업을 진행함)**

⊙ 미 활용 열 이용이 가장 비용 효과적인 에너지 효율 향상 방안

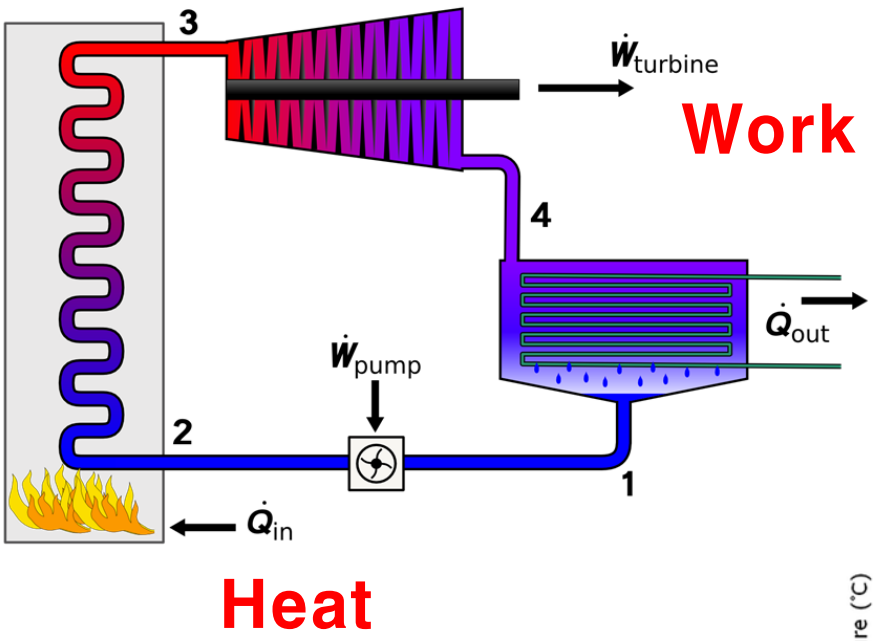
❍ **에너지 효율 증대의 두 방법 : 공정개선, 폐열이용**

	달성 효율	소모 비용	소요 시간
공정개선	80%	고비용	장시간
폐열이용	20%	저비용	단시간

미활용 열 이용 발전시스템 종류, 특징

종 류 특 성	ORC Organic Rankine Cycle	HRSG Heat Recovery Steam Generator	TEG Thermoelectric Generator	AMTEC Alkali Metal Thermal to Electric Converter
적용 온도	70 ~ 350°C	500 °C 이상	100 ~ 400°C	600 ~ 900°C
발전 효율	8 ~ 22 %	30 ~ 40 %	4 ~ 8%	20 ~ 30%
발전 용량	1KW ~ 5MW	수백 MW 이상	100W ~ 10KW	20 W ~ ∞
kW당 건설비	150 ~ 750만원	-	800 ~1,000만원	-
설치 면적	넓음	넓음	적음	적음
개발 수준	검정된 실용기술	복합발전	소형 특수목적	연구개발 중

Concept of Rankine Cycle



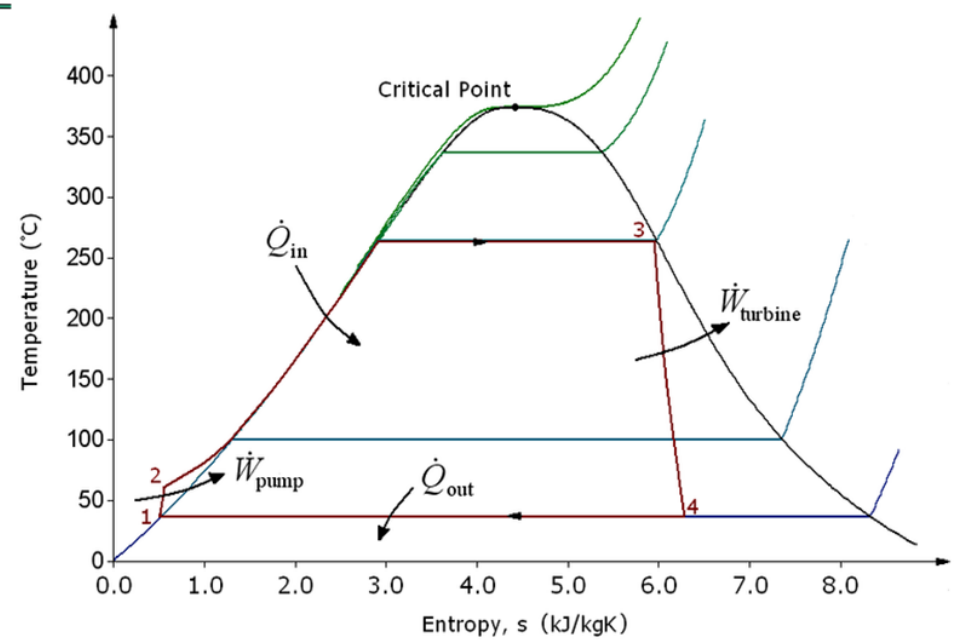
$$\frac{\dot{W}_{pump}}{\dot{m}} = h_2 - h_1 \approx \frac{v_1 \Delta p}{\eta_{pump}} \approx \frac{v_1 (p_2 - p_1)}{\eta_{pump}}$$

$$\frac{\dot{Q}_{in}}{\dot{m}} = h_3 - h_2$$

$$\frac{\dot{W}_{turbine}}{\dot{m}} = h_3 - h_4 = (h_3 - h_{4s}) \times \eta_{turb}$$

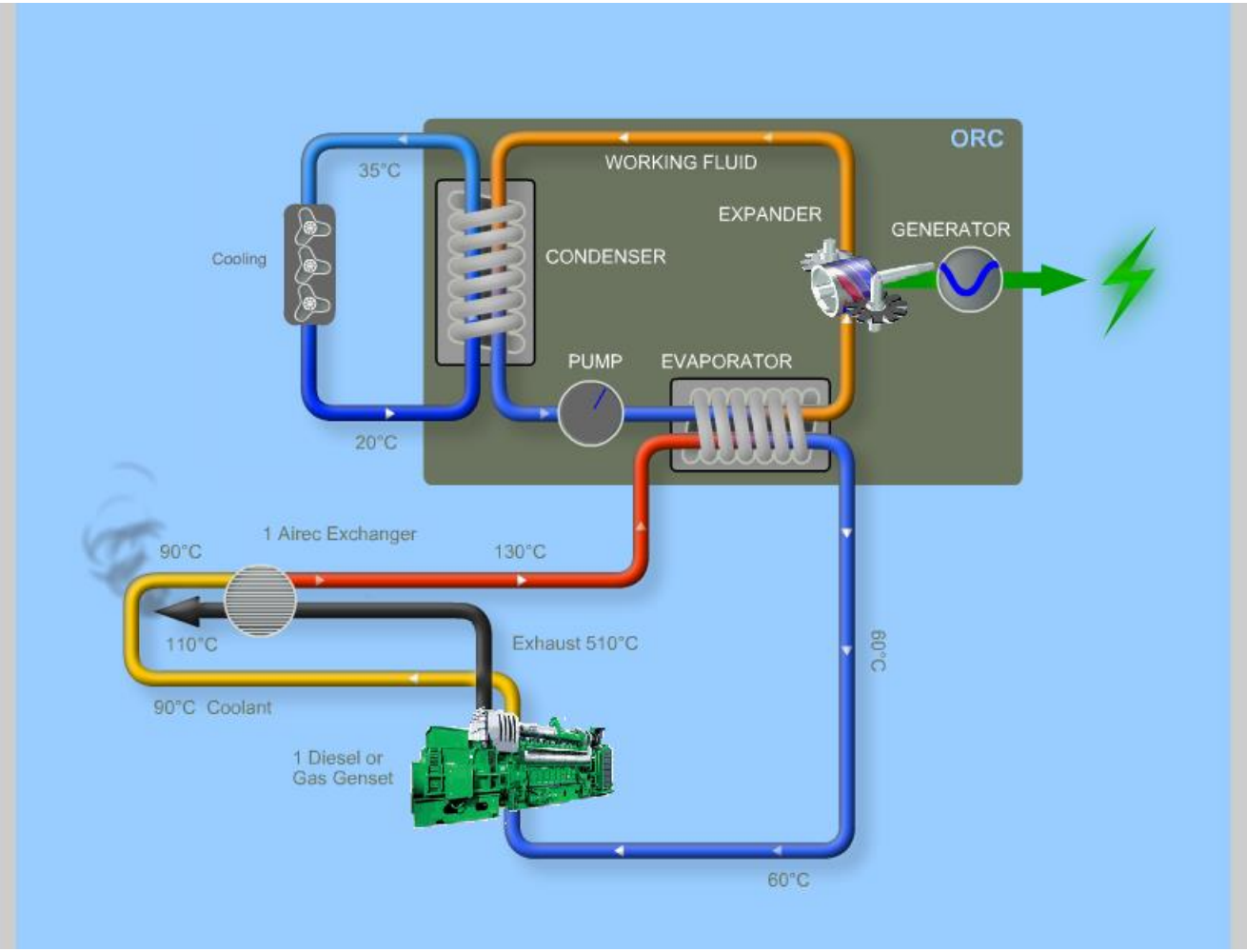
$$\frac{\dot{Q}_{out}}{\dot{m}} = h_4 - h_1$$

$$\eta_{therm} = \frac{\dot{W}_{turbine} - \dot{W}_{pump}}{\dot{Q}_{in}} \approx \frac{\dot{W}_{turbine}}{\dot{Q}_{in}}$$

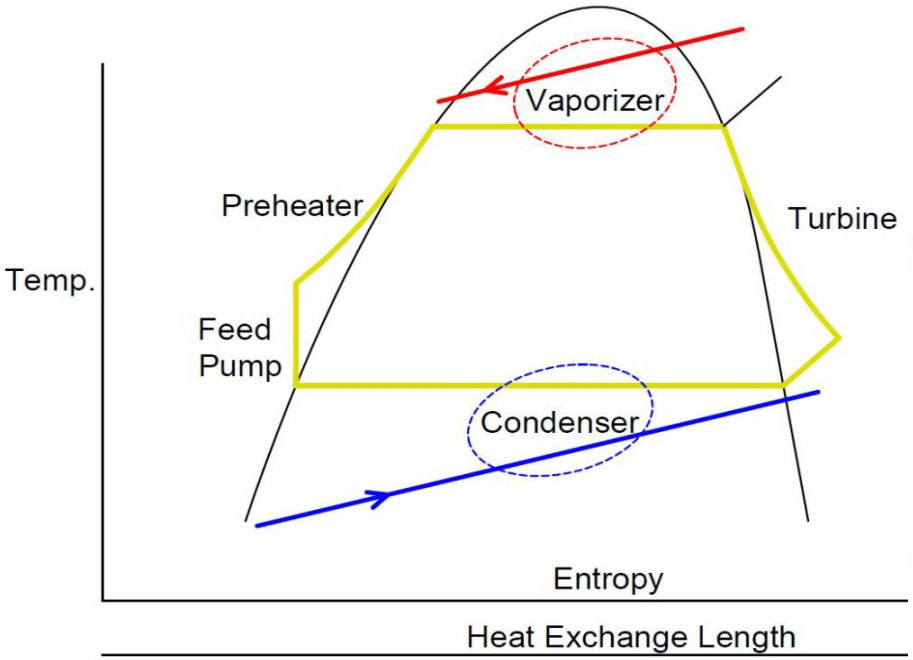


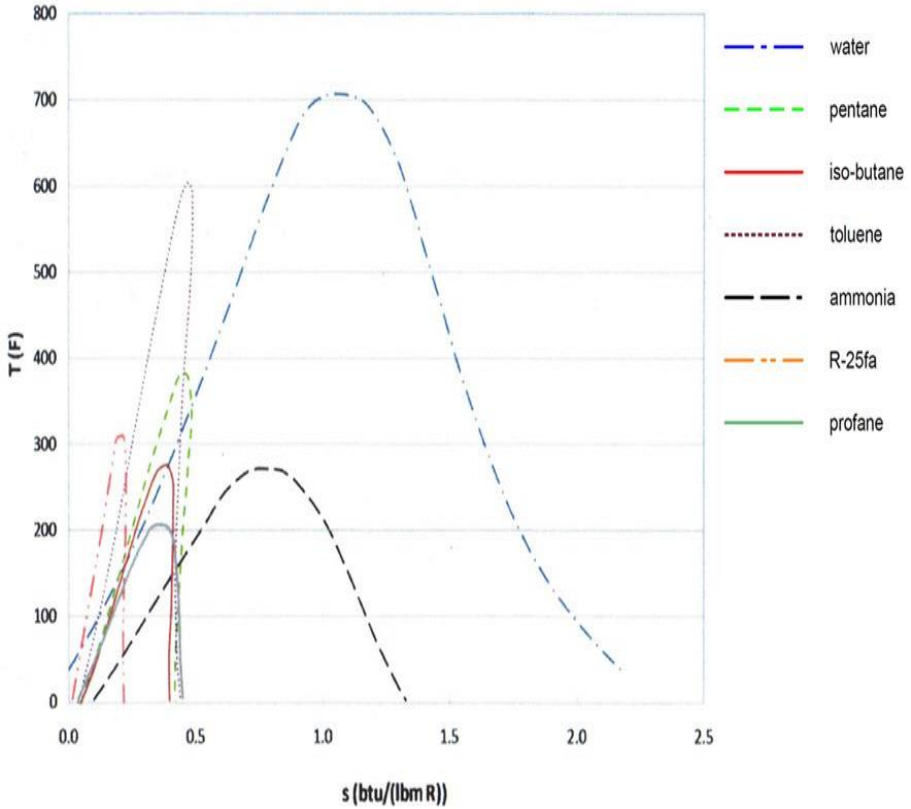
ORC 발전시스템의 개념

⦿ 물보다 증기압이 높고, 증발 온도가 낮은 유기물질을 이용하여 발전하는 유기 랭킨 사이클(Organic Rankine Cycle) 발전 시스템.



ORC System 효율 & 유기물 T - S





ORC 의 역사

*Rankine Cycle : Scottish –William J. M. Rankine (1820.7.5 – 1872. 12. 24)
Working Fluids – Water

*ORC Cycle : 1883년 frank Ofeldt가 이론 발표
Working Fluids – Organic (Isopentane (C5H12), Butan, R-22, R-123, R245 등 탄화물 계통)
1960년 미국에서 실증연구 – BNI 1966년 실증사업
1995-2000년 RIST 연구 실증사업
2003-2005년 posco e&c Asia Cement 3.2 MW 건설,
성숙된 기술, 지열발전, 산업폐열발전 등에 활성화됨

*Kalina Cycle : 1984년 Alexander Kalina 발표
상대적으로 저온에서 발전 을 위해
Working Fluids – NH3 +H2O (암모니아수)
2000년 최초 Iceland에서 지열에 실증사업 시작
전체적으로 미성숙된 기술 – 실증 중에 있음

ORC 발전 환경

❍ 미 활용 열은 배출형태 그대로 열원으로 재사용하는 것이 효율적이나, 활용개소 확보가 용이치 않음

- 미 활용 열을 사용하기 편리한 전력으로 전환·이용 증가 추세

❍ 미 활용 열 발전설비는 기존공정에 추가 설치되므로 확대보급을 위한 소요면적 최소화가 관건

- 열교환기, 터빈, 발전기, PCS 등 주요 Unit 설비의 모듈화를 통한 시스템 콤팩트화 필요

⊙ 설비기술보유회사

❍ 중·저온 미 활용열 발전 Package System 상용기술사 伊 Turboden社, 美 Pratt&Whitney社, 美 Ormat社, 美 BEP社 등 System Module화 진행 **(HTRD는 BEP사의 한국 Agent.)**

- Package 제품 설치면적은 아세아시멘트社 사례 대비 1/4 수준 (10m×16m Vs. 20m×30m)

【배가스이용 발전방식 별 구분】

구 분	내 용	적용 현황	발전 방식
Steam 방식	고온 배가스(500℃이상)로 열교환하여 스팀을 발생시켜 터빈을 구동·발전	범용 기술	고온 배가스 → 열교환기 → 스팀터빈 → 발전
Binary 방식	중·저온 배가스(400℃이하)로 열교환하여 2차유체* 를 증발시킨 기체로 발전	100여 개소	발전 ← 터빈 ⇄ 열교환기 ← 중저온 배가스 (2차유체)

ORC 발전시스템의 적용 및 응용 분야

- 제철, 제강 등 철강공장의 배출되는 미활용 열
- 시멘트 및 제지 공장의 배출되는 미활용 열
- 섬유, 식품 가공 공장의 배출되는 미활용 열
- 쓰레기 소각장, 열병합발전소의 배출되는 미활용 열
- 선박 배기가스의 미활용 열(Green Ship)
- 지열 발전 : 화산, 온천지대 및 심부 지열 등
- 기타 에너지 다소비 산업체의 미활용 열

※ 24시간 가동하는 산업체가 유리함.

※ 중저온(300℃ 미만)의 미활용 열은 Steam 발전보다는 ORC발전이 더 경제적임.

【IEC(International Electrotechnical commission) 에 제시하는 증기조건은 435℃ 이상 이므로 폐열은 450℃ 이상이라야 Steam 발전이 유리하다.】

특히 산업공정의 폐열이나 소각장 등의 헌팅이 심한 열로 Steam발전은 어려움

헌팅이 심한 열원의 발전에는 ORC System이 유리함

ORC 발전시스템 구축 사례

한국 A사(3MW) :

산업폐열을 이용한 ORC 발전시스템

BEP EU : 250kW Package

공장 폐열 이용한 ORC 발전시스템

ORC Package 설치 모습

BEP EU : 160kWe Package (2017년 2월 7일 완공)

함양군 생활폐기물소각시설 폐열발전(ORC) 전경

ORC 발전시스템의 Package 모델

ORC Package 제품이란 ?

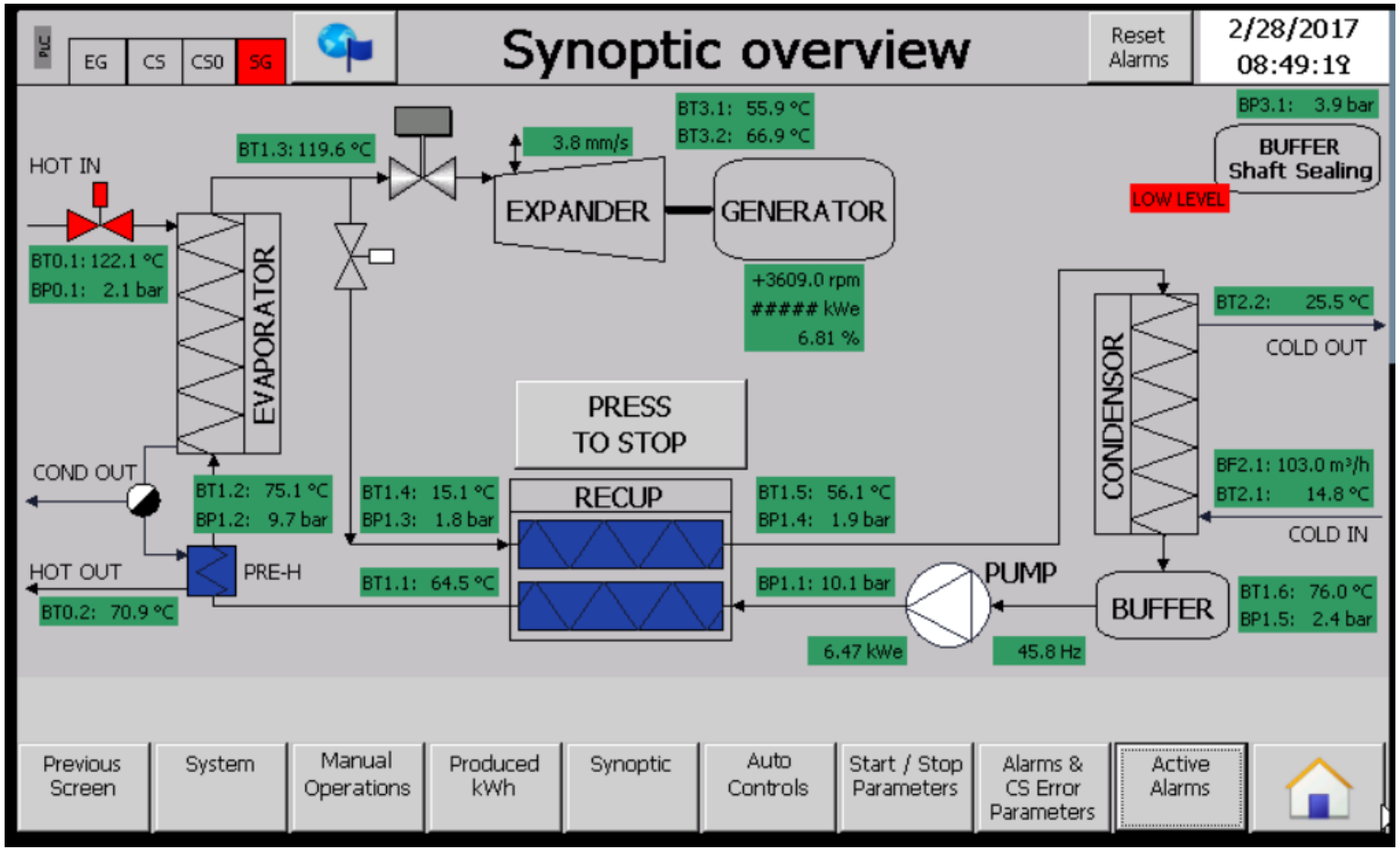
Air conditioner 와 같이 실외기에 해당하는 Cooling Tower와 폐열 발생지에서 열을 유체로 전환 이동하는 외부 열교환기 (Oil Heater)를 제외한 증발기, TGU, Condenser(응축기), Feed Pump 및 Controller를 하나의 Box로 만든 일체형제품

BEP ORC Package 제품 특징

.Range scalable from 50 kWe – 450 kWe
·Modulair design
·Expander using Z-screw technology
·Use of standard components
·Optimised cost
·Reliabe and durable concept
·Low maintenance

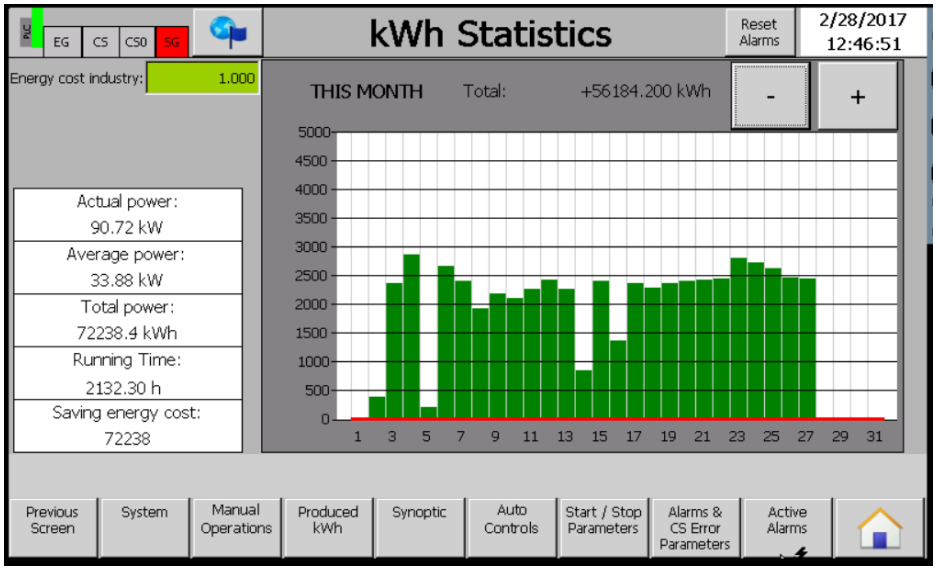
특히 헌팅이 심한 열원에 BEP Package 제품이 적격 !!!

BEP ORC Package 의 특징



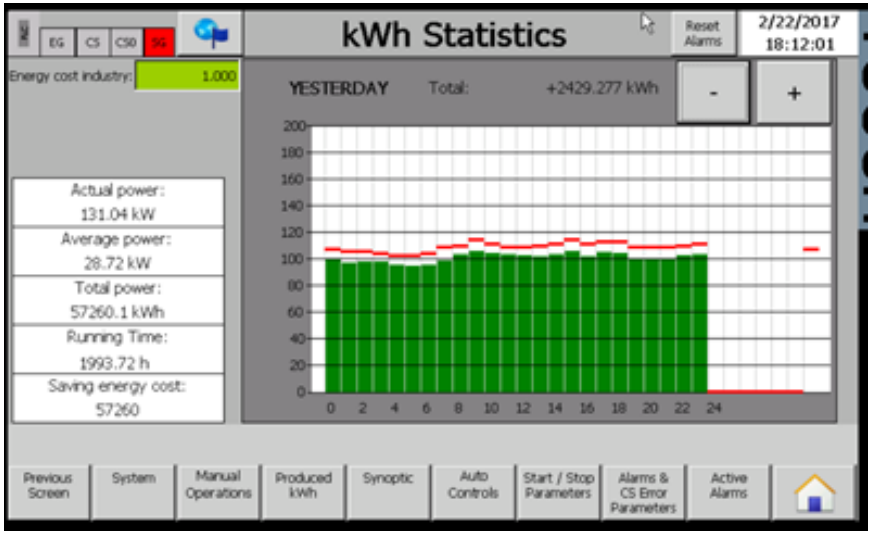
ORC Package 발전 상황 Display

BEP ORC Package 의 특징

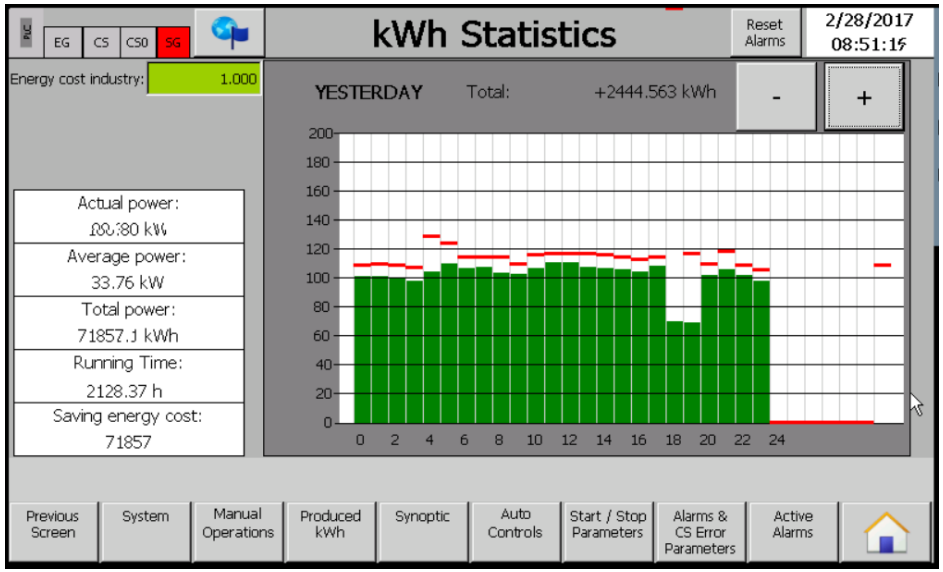


ORC Package 발전 상황 Display

BEP ORC Package 의 특징



열부하 정상상태의 발전



열부하 변동에 따른 발전

ORC 발전 경제성 분석

(ORC 운전상항 예) -- REC 가격 포함 (소각장, Biomass 등)

1. 설비 수명 기간 : 15 ~ 20년
2. 연평균 가동시간 및 가동률 : 하루24시간, 연간 300일 가동(가동률 82.2%)
3. 발전설비가격 : 200kWe 약 15억원
   (ORC Package 가격 + 냉각탑 등 설비가격 + 수배전 등 전기연계 설비가격)
4. 연간 전기 생산량 : 200 KWh x 24 시간/일 x 300 일 = 1,440,000 KW/년
5. 연간 전기 판매액 : 1,440,000 KW x (매전용) 85원/KWh = 1.51억원
6. 연간 REC 판매가격 : 1,440,000KW x (REC가격 평균) 120원/KWh =1.72억원
7. 연간 운영 및 유지보수 비용 : 0.3억원
8. 연간 총 수익 : 전기 판매 + REC = 3.23억원
10. 연간 순이익 : 연간 총 수익 – 연간 총 비용 = 2.93억원
11. 투자회수 기간 : 총 투자액 / 연간 순이익 = 15억원 / 2.93억원= 5.11년

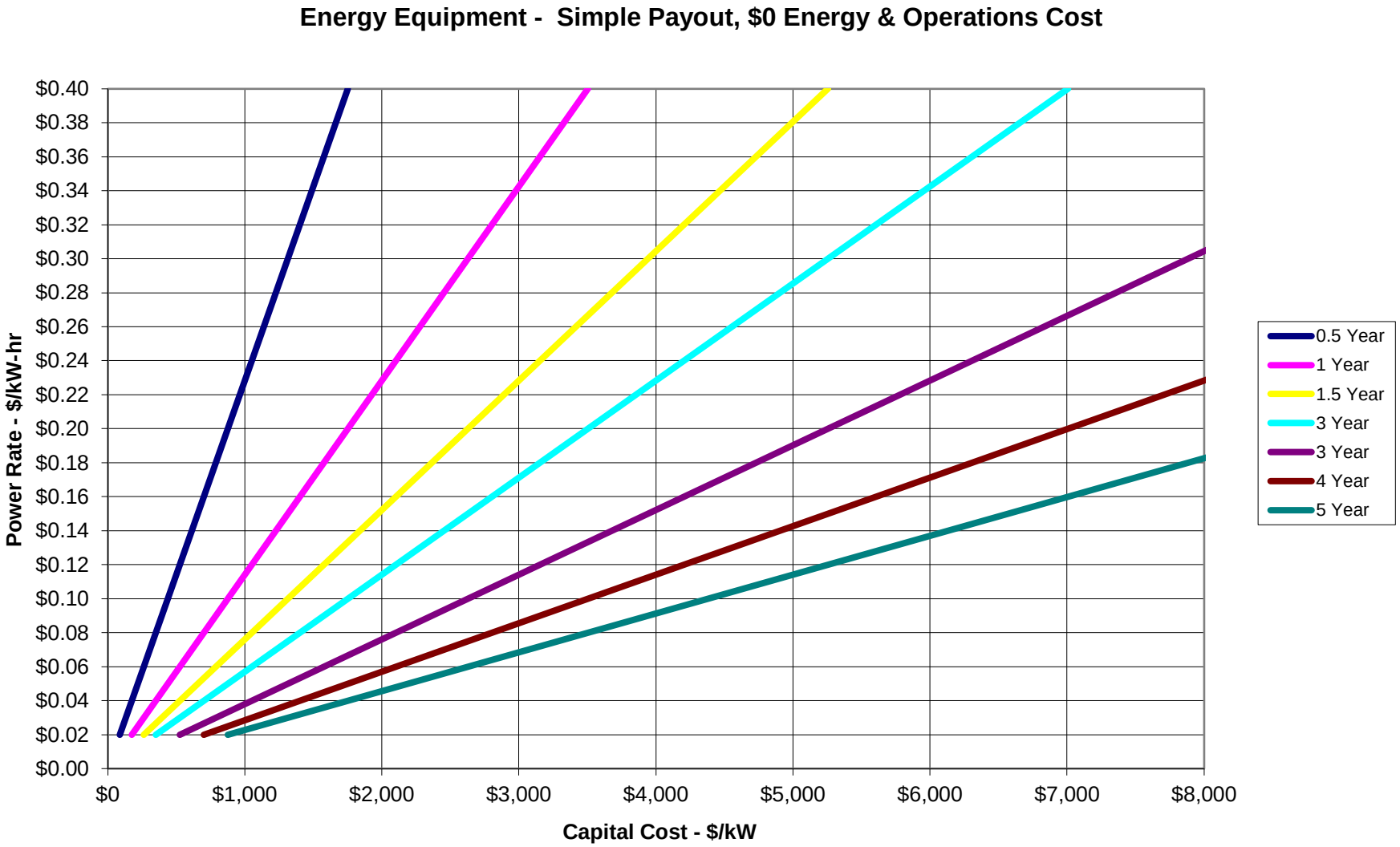
ORC 발전 경제성 분석

(ORC 운전상황 예) -- RPS제도 등 제도적 혜택은 제외한 계산

1. 설비 수명 기간 : 15 ~ 20년
2. 연평균 가동시간 및 가동률 : 하루24시간, 연간 300일 가동(가동률 82.2%)
3. 발전설비가격 : 1 MW (건설비 35억원)

   (Turbine Generator + 열교환기 + 제작비 + 계장설비 + 냉각탑 + 전기수배전연계설)
4. 연간 전기 생산량 : 1,000 KWh x 24 시간/일 x 300 일 = 7,200,000 KW/년
5. 연간 전기 판매액 : 7,200,000 KW x 산업용 105원/KWh = 약7.56 억원
6. 연간 운영 및 유지보수 비용 : 0.5억원(인건비 포함)
7. 연간 탄소 배출권 거래 수입 : 2,018 톤/년 x 20,000 원/톤 = 약0.40 억원
   - 연간 탄소 배출량 : (7,200,000 KW / 1,000) x 280.33 = 2,018,376 KgC
   - 전기 1,000 KW 생산을 위해 무연탄 사용시 탄소 배출량 : 280.33 KgC
   - 탄소 배출권 거래가격 : 약 20,000원/톤
8. 연간 총 수익 : 전기 판매 + 탄소 배출권 거래 = 7.96억원
9. 연간 총 비용 : 운영 및 유지보수비 = 0.5억원
10. 연간 순이익 : 연간 총 수익 – 연간 총 비용 = 7.46억원
11. 투자회수 기간 : 총 투자액 / 연간 순이익 = 35억원 / 7.46억원= 4.69년

ORC 발전 경제성 분석



(U.S.A DOE 자료)

ORC 발전시스템 도입시 정부지원제도

◆ 지원근거 : 에너지이용합리화법(법률제9397호)

- 자발적협약(VA)투자 사업
- 융자지원 대상 설비 : 폐열에너지 회수설비

◆지원사업 및 지원금액

사업명	지원한도액	대출기간	이자율	비 고
VA사업 (융자지원사업)	300억원 이내 (사업장당 ~250억원)	3년거치 5년분할상환	에너지및자원사업 특별회계기준	

◆ 지원비율 및 지원범위

지원 비율(%)	지원 범위
(1) 대기업 : 90% (2) 중소기업 : 100%	시설자금 : 시설 및 부대설비 구입비, 설치개수 공사비, 설계감리비, 시운전비 (부가세, 토지구입비, 건물공사비 등 제외)

ORC 발전시스템 도입시 업무 프로세스

미활용 열원 조사

- ✓ 열원의 종류, 온도, 열량 , 비열 등 조사
- ✓ 설치장소 환경조사(연평균 온도, 공간 및 면적 등)
- ✓ 기존설비의 계통도 및 공장 Layout 도면

↓

사업 타당성 분석

- ✓ 설치 용량 산출
- ✓ 경제성 분석
- ✓ 정부지원제도 및 **LSIS ESCO사업 연계**

↓

시방서 및 견적서 작성

- ✓ **전기사업**인허가 신청 및 승인
- ✓ 계약
- ✓ 추진 절차 및 협력체계 구축

↓

엔지니어링 설계 및 제작

↓

시공 및 시운전

- ✓ **시공** (토목 등 사용전 검사)
- ✓ 시운전, 사용전 검사
- ✓ 준공

결 론

ORC 발전시스템을 도입하면 어떤 이득이 있는가 ?

첫째, 경제적 가치가 높다(미활용 열로 친환경 전기생산)

○ 투자 수익율(ROI) 평균15%이상, 3~5년 이내 투자비 회수 가능

○ 투자 시설자금의 100%를 융자 및 ESCO사업으로 할 수 있음

○ 제 3자 ESCO사업으로 재무건전성 확보 및 안전 수익 확보 가능

둘째, 국제 또는 국내 탄소배출권(CER) 등록이 된다.

○ 탄소배출권 시장에서 배출권 판매 수익 발생

○ 에너지목표관리제의 자발적 협약기업으로 각종 세제 혜택

셋째, 에너지 효율을 증대시킨다(에너지 절약 기업)

○ 버려지는 미활용 열을 이용함으로 에너지원가 0원

넷째, 온실가스를 저감시킨다(친환경기업 이미지 획득)

Thank you

㈜에이치티알디 www.htrdkorea.com
Tel : 031-479-2947, 010-8550-2557
Fax: 031-479-2870
e-mail: htrdkorea@naver.com