

5MW급 가스터빈용 바이오가스 연료화시스템의 고안

임건표*, 허광범*, 박정극*, 이흥호**
 한전전력연구원*, 충남대학교**

The Design Of The System To Utilize The Biogas As The Fuel For 5MW Class Gas-turbine

Gun-Pyo Lim*, Kwang-Beom Hur*, Jung-Keuk Park, Heung-Ho Lee**
 KEPCO Research Institute*, CNU**

Abstract - 신재생 에너지 발전용 연료인 바이오가스는 자체로는 가스터빈 발전기의 연료로 사용할 수 없으므로 이를 연료화하기 위한 설비로 각종 화학처리설비와 전기설비, 제어설비가 필요하다. 본 논문에서는 국내기술로는 최초로 개발 중인 5MW급 가스터빈용 바이오가스 연료화 설비의 구성 및 기능, 이를 운전하기 위한 전기설비와 제어설비에 대한 내용을 간략히 기술하였다.

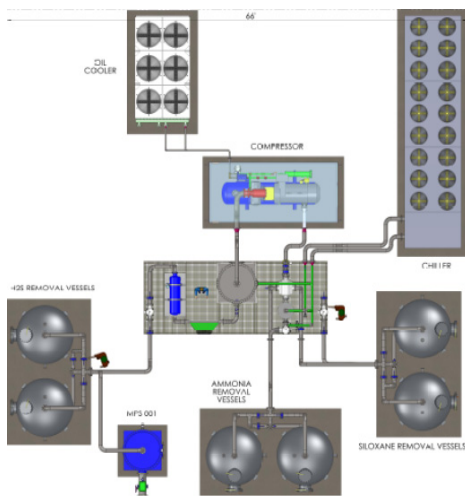
1. 서 론

신재생 에너지 발전용 연료인 바이오가스는 도시하수 또는 축산폐수 등의 하수와 생활 폐기물과 같은 유기성 폐기물의 혐기성 소화과정에서 발생하는 가스이다. 바이오가스의 연료화는 화석에너지 의존도를 감소시키고 온실가스 배출을 저감하는 측면에서 장점을 가지고 있다. 세계적으로도 다수의 플랜트에 적용된 기술로 우리나라의 경우 에너지 해외 의존도가 높고 국제 사회로부터 온실가스 배출의무 부담압력을 받고 있어 이를 해결하기 위한 대안으로 반드시 기술개발을 통한 보급 확대에 힘써야 할 기술 분야이다. 따라서 본 논문에서는 최근 국내 최초로 시도하고 있는 5MW급 바이오가스터빈용 연료화시스템에 대한 기술적 검토 및 공정해석을 통한 기술개발 추진내용을 간략히 기술하였다.

2. 본 론

2.1 연료화 시스템의 구성 및 주요공정

바이오가스의 주성분은 메탄(CH₄)과 이산화탄소(CO₂)이며 그 외 구성성분에 황화수소(H₂S), 수분, 실록산 등과 같은 유해성분도 함께 포함되어 있다. 바이오가스의 가스터빈 적용에 있어 황화수소는 배관, 압축기, 터빈 부품의 부식을 초래할 수 있고 수분은 부식과 터빈날개 손상 그리고 실록산은 각종 회전운동 부품의 마모와 열교환기 효율저하의 원인이 되므로 바이오가스를 적절히 처리하여 가스터빈 연료조건을 만족시킬 수 있도록 하기 위한 연료화 시스템의 구축은 필수적이다.[1]



〈그림 1〉 바이오가스 연료화 시스템 전체 개략도

바이오가스를 가스터빈 발전기용 연료로 공급하기 위해서는 이러한 유해가스를 제거하기 위한 설비가 필요하며 개략적인 주요 구성은 그림 1과 같다.

주요기기는 탈황설비, 수분분리기, 가스승압기, 여과기, 실록산 및 암모니아 제거장치 등이다.[1] 수분을 제거한 가스 중에 함유된 분진은 1차 여과기에 의하여 제거되며, 실록산 제거설비를 거치면서 발생할 수 있는 황성탄분진 등은 2차 여과기를 통해 완벽히 제거된다. 가스포집기의 소화가스 중에 함유된 수분은 수분분리기 및 제습용 냉각기를 통과하면서 제거된다.

연료화한 바이오가스는 가스터빈용으로 사용하게 되는데 표1은 개발 중인 5MW급 바이오 가스터빈의 성능을 나타내고 있다.[2]

〈표 1〉 바이오 가스터빈의 성능

| 출력(MW) | 효율(%) | 질소산화물 배출(ppm) | 터빈 속도 (rpm) |
|--------|-------|---------------|-------------|
| 5.1 | 31 | <50 | 12,840 |

2.1.1 유해가스 제거설비

바이오가스 중에는 유해한 산성가스가 함유되어 있어 이를 제거하기 위한 스크리버를 설치한다. 유해가스는 분사된 수직 또는 수평을 통과할 때 용해, 응축 등 물리적, 화학적 원리에 의해 처리된다. 바이오가스 처리량은 운전 유량에 대해 여유를 감안하여 설계용량을 결정한다. 스크리버에서 황화수소의 효과적인 흡수를 위해 최소 pH11의 알칼리성이 요구되며, 수산화나트륨과 같은 물질에 대해서도 가스유량에 대해 충분한 처리능력을 가지도록 해야 한다.

2.1.2 1차 제습설비

매립지 가스에 포함된 수분을 응축하여 제거하는 장치로, 열교환 장치와 열교환기를 통과한 최종 수분을 데미스터에 의해 제거하는 역할을 한다.

2.1.3 탈황설비

바이오가스에 포함된 황화수소를 포함한 황화합물을 내부 충전제의 흡착제로 제거하는 장치로 최근 현장에서 널리 사용되는 산화철 계통의 흡착제와 알칼리 약품을 첨착한 황성탄 흡착제를 비교 검토하여 연료화 시스템에 적합한 설비를 구축하도록 하였다. 공탑속도, 탈황제층의 면적, 탈황제 교체시기, 흡착능력 등의 중요한 설계값을 산정하여 적용한다.

2.1.4 여과기

압축과 유해물질 제거과정에서 바이오가스에 포함될 수 있는 유분과 입자상 물질 및 황화수소와 실록산을 흡착하여 제거하는 역할을 한다. 황성탄의 유해물질이 타기기로 이동하는 것을 막음과 동시에 제거하는 역할을 하는 장치로 수분 및 이물질의 입자 0.3 μ m 이상을 제거할 수 있는 성능을 가지도록 해야 한다. 성능이 충분하지 못할 경우 가스터빈에 직접적인 손상을 가할 수 있으므로 조건에 적합한 제품이 설치되어야 한다.

2.1.5 승압 블로워

가스압송기의 전단에 설치하여 가스를 원활하게 공급하기 위한 설비로 가스압송기의 부담을 줄일 수 있는 승압용 블로워이다.

2.1.6 가스 압송기

음식물 처리 혐기소화조에서 발생하는 바이오가스 및 매립지 가스의 낮은 가스압력을 발전기 연료조건에 맞는 인입압력으로 승

압시키는 설비이다. 가스 압송기는 동작방식에 따라 왕복동형, 스크류형 등이 있으며, 효율과 운전특성, 제어방법, 유지정비 등을 검토하여 결정한다.

2.1.7 2차 제습설비

가스송입에 의한 습윤가스를 냉각시켜 2차 수분을 제거하고 가스 발전기의 인입 허용 온도조건을 만족시키게 된다.

2.1.8 암모니아 제거설비

암모니아를 제거하기 위한 특수 가공된 활성탄을 사용하여 소화가스 발전설비의 내구성을 증대하게 된다.

2.1.9 실록산 제거시설

소화가스상의 유기성화합물인 실록산은 연소과정에서 이산화규소로 전환된다. 이산화규소는 불연성분으로 배기가스 경로에서 회백색의 침적층을 형성한다. 침적된 이산화규소는 대기오염물질 배출을 감소시키기 위한 규제에 따른 산화촉매제의 전-연소 및 탈질설비 등에 악영향을 끼친다. 따라서 활성탄흡착, 냉각법, 침냉법, 용매흡수법, 실리카겔 흡착법 등의 제거 방법을 검토하여 적용한다. 이때 활성탄층의 면적, 공탑속도, 활성탄 교체시기, 흡착능력, 흡착효율 등을 산정하여 적용한다.

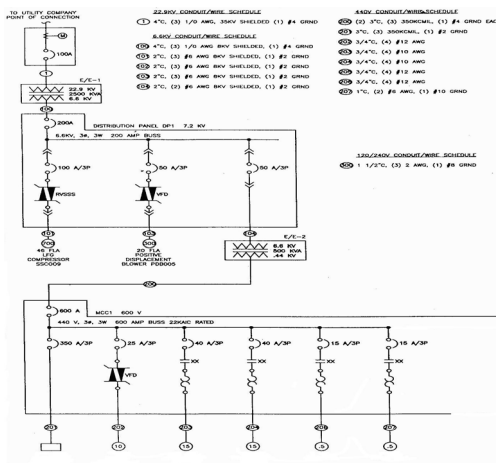
2.2 전기설비 구성

기술적 검토 및 공정 해석을 통하여 전체적인 설비를 구성하고 이에 필요한 전원을 공급하기 위한 소요전력, 전압강하율, 접지 등을 고려하여 전기설비를 검토한다. 산정한 소요전력의 일부는 표 2과 같다.

<표 2> Load Schedule

| Description | KW | Volt(V) | Source |
|------------------|------|---------|--------|
| PDB Blower | 225 | 6,600 | HV |
| Heat Exchanger | 1.5 | 440 | MCC |
| Circulation Pump | 0.37 | 440 | MCC |

전원공급 계통의 일부를 그림 2와 같이 구성하며, 고압설비로는 22.9/6.6kV, 2000kVA의 변압설비로 가스 압송기와 승압 블로워 및 기타 저압설비에 전원을 공급하며, 저압설비는 6.6/0.48kV, 300kVA의 변압설비를 갖추고, 440V 및 220V 전원을 공급한다.



<그림 2> 전원공급 계통도

동력제어설비는 전동기부하가 전체부하의 주를 이루고 있는 중요한 시설로 안정성, 신뢰성, 운전조작의 편리성, 유지보수의 용이성 및 기존시설과의 연계성 등을 중시하여 무정전 전원장치, 전동기기동반, 현장조작반, 접지설비 등을 구성한다.

또한 가스를 처리하는 과정에서 안전사고가 발생할 수 있어 자동화제타미설비를 소방법규에 맞게 구축한다.

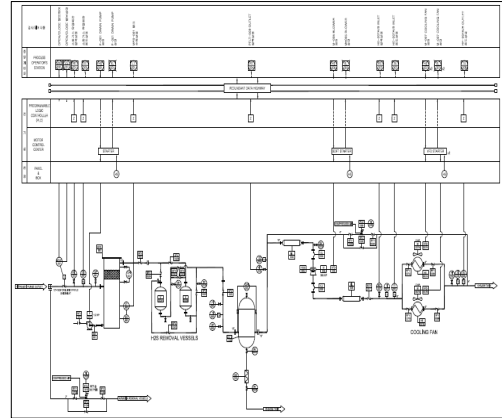
2.3 제어설비 구성

2.3.1 전체설비 배치

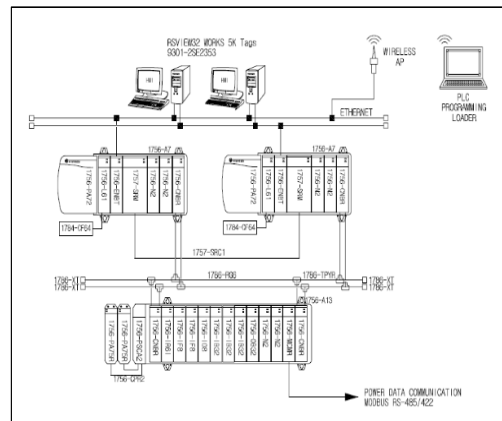
각 설비의 운전온도, 유체량, 운전압력, 입출구측 처리물질의 농도, 비체적, 열량 등을 적절히 제어하기 위한 운전제어 방안을 확보한다. 제어도면과 운전제어 내용을 바탕으로 그림 3 및 4와 같이 현장계측설비, 주제어설비 등을 구축한다

2.3.2 제어기 구성

그림 3은 각 계기의 감시, 제어 내용, 기본 제어개념, 케이블 연결 구성 등을 나타낸 현장 제어설비 구성도이며, 그림 4는 주제어설비의 구성을 나타내고 있다.



<그림 3> 현장 제어설비 구성



<그림 4> 주제어 설비 구성

3. 결 론

현재 국내에 도입된 바이오가스 또는 매립지가스의 연료화 및 자원화 설비는 대부분이 외국기업의 설계 및 제작 기술로 이루어져 있다. 이는 시스템의 경제성을 약화시키고 기술의 보급 확대를 저해하며 유지보수 측면에서도 불리하여 시스템 이용률 저하를 유발하고 있다. 따라서 이번 국산개발은 수입 의존도를 줄이고 보다 경제성 있는 설비를 공급하여 이용률을 극대화할 것으로 기대한다. 또한 환경 친화적인 혐기성 소화설비는 쓰레기의 높은 감량화로 소각장 및 매립장의 부하를 줄일 수 있으며, 메탄이 주성분인 양질의 바이오가스와 유기질 퇴비를 생산하여 자원 재활용에도 크게 이바지할 수 있을 것으로 기대한다.

[참고 문헌]

- [1] 임상규, "5MW 바이오 가스터빈용 열병합 발전시스템 동향 및 개발전략", 에너지공학회, 제18권 제13호, pp. 3, 2009
- [2] 허광범, "Design of 5MW-Class Bio Gas Turbine Co-Gen", ISLCT2010, ISLCT2010-307, 2010