

## Bench급 석탄가스화기 제조 합성가스를 이용한 가스엔진 발전 시스템 운전 특성

유보선, 정석우, 윤용승

고등기술연구원, 플랜트엔지니어링센터

### Operation Characteristics of Gas Engine System using Synthesis Gas Produced from Bench Scale Coal Gasifier

Yu Bo Sun, Chung Seok Woo, Yun Yong Seung

Institute for Advanced Engineering, Plant Engineering Center

#### 1. 서론

최근 전 세계적으로 원유의 가격 급등 관련 많은 국가에서 원유의 선점과 원유를 대체할 수 있는 에너지원을 찾는데 많은 관심들을 쏟고 있는 모습을 볼 수 있다. 이에 그동안 초기 투자비가 일반 화력발전소에 비해 다소 높지만 고효율, 고청정성 이라는 특징을 가지는 석탄가스화복합발전(IGCC) 시스템에 대한 연구가 국내외에서 꾸준히 진행되었는데, 최근의 원유가 급상승으로 인하여 그 필요성이 더욱 높게 부각되고 있는 실정이다. 본 연구원에서도 1995년부터 Bench급 가스화기 시스템을 건설하여 IGCC에 대한 연구를 계속 진행해 오고 있는데, 본 연구에서는 이러한 Bench급 석탄가스화기에서 제조된 합성가스를 이용한 가스엔진 발전 시스템 운전을 통하여 전기 생산 실증시험 및 이에 대한 운전에 대한 특성을 고찰하고자 한다.

합성가스의 주성분은  $H_2$ ,  $CO$ 로서 Bench급 석탄가스화기로부터의 생산량은  $100\sim 120Nm^3/h$  정도인데, 본 연구에서는 이렇게 생산된 합성가스의 전량을 가스엔진 발전시스템을 이용하여 3상 380V의 전기 35~42kW를 안정적으로 생산하는데 성공하였다.

#### 2. 실험장치 및 방법

##### 2.1 합성가스 엔진 시스템

합성가스 엔진은 가스연료에 비교적 적용이 용이하고 많은 양의 합성가스를 처리하는데 맞는 H사의 대용량 CNG 버스용 엔진(D6AC)을 선정 개조하였다. 연료의 공급 방법은 가스엔진의 초기 기동 시의 문제점을 해소하고, 합성가스 엔진의 안전한 운전성 확보와 천연가스의 사용시와의 비교자료 확보 등을 위하여 합성가스와 CNG를 동시에 공급할 수 있도록 Dual Fuel 공급시스템으로 구성하였다.

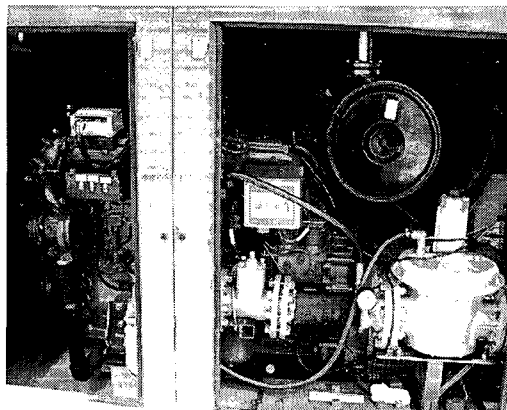


Fig.1 합성가스용 Dual Fuel 가스엔진과 발전시스템 모습

Fig. 1는 합성가스를 이용한 Dual Fuel 가스엔진과 발전시스템을 나타낸 것이다. 가스엔진의 사양은 배기량이 11,149cc이고, 압축비는 11.5이다. 또한 연료의 공급장치 시스템은 Woodward CNG kit로 구성하였으며, 엔진의 냉각방식은 수냉방식을 선정하여 전체적인 시스템을 구성하였다.

합성가스의 특성상 완전연소에 필요한 이론공기비는 약 1.18로서, 개조 대상엔진의 연료인 CNG에 비해 매우 낮으며, 발열량 또한 현저히 낮아 많은 양의 합성가스가 필요할 것으로 판단되어 연료 공급 시스템의 개조 시 고용량의 Zero Pressure Regulator 와 Venturi를 장착하였다. 공연비를 제어 위하여 A/F 콘트롤러를 설치하였고, 점화시기 제어를 하기 위해 선 DLI ECU를 설치하였으며, 합성가스와 흡입공기를 혼합하는 Mixer 와 혼합기의 엔진 공급량을 조절할 수 있도록 전자식 Throttle 밸브를 장착하였다. 장착된 Throttle 밸브는 기본적으로 Flo-tech Controller에 의해 자동제어 되도록 하였으나 필요시 운전자가 상황에 맞게 조절할 수 있도록 수동제어도 가능하도록 구성하였다. 또한 합성가스의 엔진에서 연소 후 배출되는 가스를 처리하기 위하여 3개의 삼원 촉매단을 설치하여 대기 오염물질의 규제 기준치를 맞출 수 있도록 하였다. Fig. 2는 가스엔진의 합성가스 및 CNG Dual Fuel 공급 제어 계통도를 나타낸 것이다.

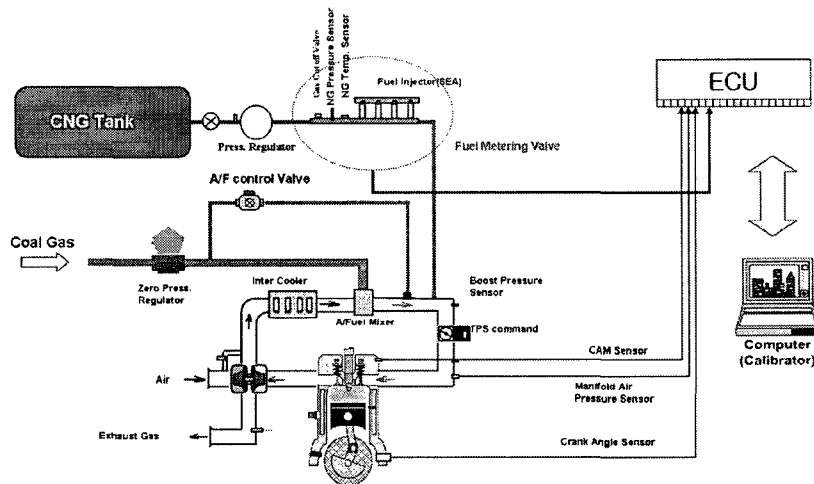


Fig.2 가스엔진의 합성가스 및 CNG Dual Fuel 공급 제어 계통도

## 2. 2 발전 시스템

합성가스 엔진용 발전기는 제작하였으며,

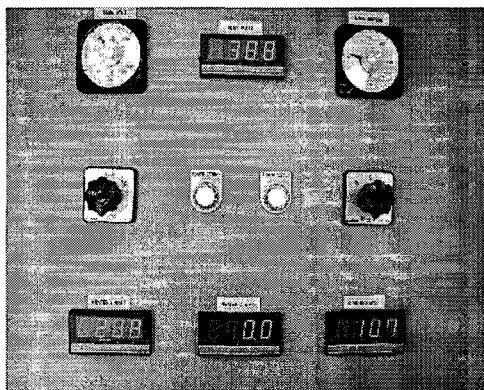


Fig. 3 전력측정장치 이용 부하측정 모습

발전기에서 생성된 전력을 소비하기 위한 Load Bank로는 전열기와 할로겐램프로 구성하였으며, 생산된 전력량을 확인하기 위하여 전력측정장치를 설치하였다. 발전시스템은 합성가스 엔진이 구동되면 연결된 발전기 동체를 통하여 동력이 전달되고, 이때 1800rpm으로 고정된 발전기 동체의 출력스위치를 켜면 발전기 동체에 부착된 패널의 출력단자를 통하여 3상 380V의 전류가 발생되도록 하였다. 발생된 전압과 전류는 집압 측정기와 전류측정기를 통하여 생산전력량으로 표시되도록 하였다. Fig. 3은 가스엔진 구동 시 전력측정장치에서 전력량이 표시된 모습이다.

### 3. 실험결과

가스엔진 실험을 위한 합성가스의 제조 시 석탄가스화기의 운전온도와 압력 조건은 Fig. 4의 (a)에 나타낸 바와 같이 1400~1450°C, 8 kg/cm<sup>2</sup>이었으며, 미분탄의 공급량은 40kg/h였다. 이 운전조건에서 석탄가스화기로 부터 가스화 반응에 의해 생성된 합성가스의 양은 약 100~120 Nm<sup>3</sup>/h였고, 운전 중 On-line 분석기를 통하여 측정된 합성가스의 조성은 Fig. 4의 (b)에 보여진 바와 같이 CO 35~42%, H<sub>2</sub> 13~16%, CO<sub>2</sub> 5~8% 정도로 분석되었다.

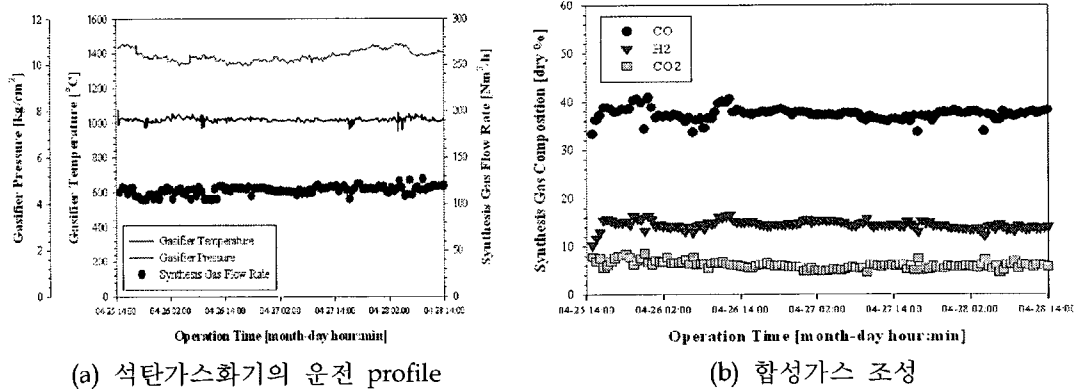


Fig. 4 석탄가스화기 운전 profile 및 합성가스 조성

가스엔진 발전시스템을 이용한 전기 생산 실험은 석탄가스화기 시스템이 정상운전 상태에

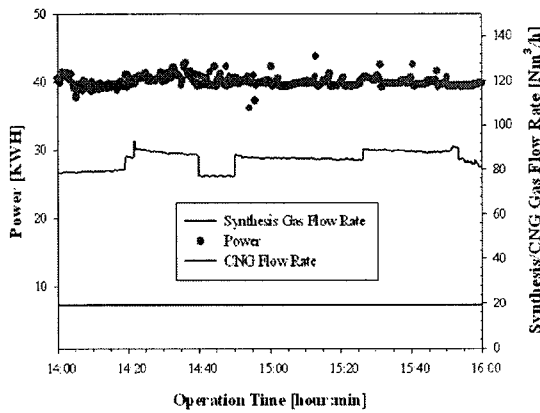
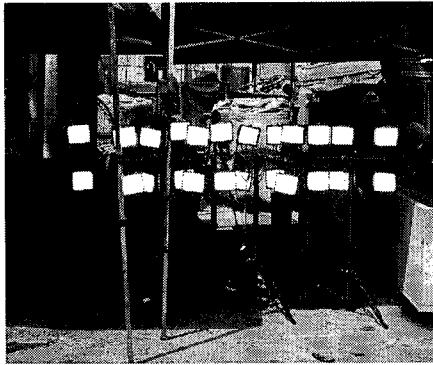


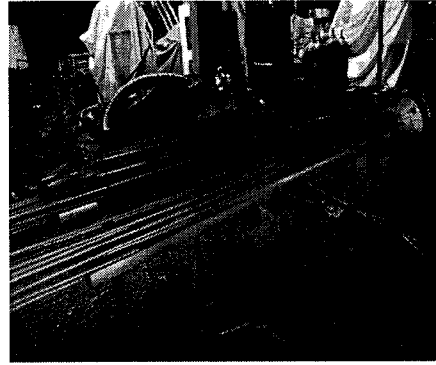
Fig. 5 가스엔진 발전시스템 공급 합성가스 유량 및 압력

도달한 후 합성가스를 공급하면서 가스엔진의 회전속도를 1800 rpm으로 일정하게 유지하는 조건에서 소모되는 전력량을 측정하는 방식으로 진행하였다. 정상 운전 중 가스화기에서 생성된 합성가스 100~120 Nm<sup>3</sup>/h 전량을 공급하였으며 보조연료인 CNG는 18 Nm<sup>3</sup>/h 정도를 공급하면서 부하장치인 할로겐램프와 전기히터에서 38~40 kW 정도의 전기가 소모되는 것으로 측정되었다. Fig. 5은 합성가스를 이용한 가스엔진 발전시스템의 정상운전 중 공급되는 합성가스 유량, CNG의 공급량 및 전기의 생산량을 나타낸 것이다. Fig. 6

은 합성가스를 이용한 가스엔진 발전시스템에서 생산된 전기를 이용 할로겐램프와 전열기를 통하여 생산된 전기를 사용하는 모습을 보여주고 있다. 합성가스의 엔진에서 연소 후 배출되는 배 가스 중 CO와 NOx의 농도를 감소시키기 위하여 삼원촉매장치를 설치하였는데, 분석기를 통하여 측정된 결과 삼원촉매의 전단에서는 CO의 농도가 15,000~18,000 ppm, NOx 100~120 ppm 정도가 측정되었으며, 후단 쪽의 최종적으로 배출되는 가스의 농도는 CO가 350 ppm, NOx 100 ppm 정도로 측정되었다. 따라서 향후엔 좀 더 안정적인 운전이 되도록 가스엔진의 개선과 연소 시 배출되는 CO의 농도 저감을 위한 노력이 추가적으로 필요할 것이다.



(B) 할로젠램프



(b) 전열기

Fig. 6 가스엔진 발전시스템 이용 전기 생산 모습

#### 4. 결론

Bench급 석탄가스화기 제조 합성가스를 이용하여 가스엔진 발전시스템에 대한 실험을 진행하였는데, 석탄가스 운전 중 미분탄 공급량은 40kg/h 이고, 합성가스 생산량은 100~120 Nm<sup>3</sup>/h 이었으며, 합성가스 조성은 CO 35~42%, H<sub>2</sub> 13~16%, CO<sub>2</sub> 5~8% 로 분석되었다. 이와 같이 생성한 합성가스의 전량을 가스엔진으로 공급 발전기를 통하여 3상 380V의 전기 35~42 kW 를 안정적으로 생산하였다. 물론, 여러 차례의 실험을 통하여 시행착오도 겪었지만, 합성가스 이용 전기 생산을 하는데 성공을 하였고, 이번의 연구 결과는 합성가스를 가스엔진 혹은 가스터빈에 이용하고자 할 때는 중요한 연구물로 인식될 것이다.

합성가스를 이용한 엔진을 제작 실험하면서 엔진의 선정함에 있어 현재 상용되고 있는 엔진 가운데 선정하고 수정 제작하여 시스템을 구성하여야 했기 때문에 성능 면에서나 운전 면에서 부족한 부분이 있다고 생각한다. 그렇지만, 본 연구를 통하여 Bench급 석탄가스화기로부터 생산한 합성가스의 전량을 이용 가스엔진 발전에 성공하는 성과를 얻었으며, 이 실험 결과는 추후에 계속하여 최적화와 개선을 통하여 실용화 기술로 나아가기 위한 자료로 사용될 것이다.

#### 5. 참고문헌

1. 윤용승, "석탄가스화 합성가스 제조공정 및 발전시스템 기술 개발", 2005년 신재생에너지 워크샵, 2005
2. 정석우, 윤용승, 유영돈, "석탄 및 폐기물로부터 합성가스 제조를 위한 가스화용융 Pilot 플랜트 운전 특성", 신재생에너지학회 춘계학술대회, 2005
3. 정석우, 김문현, 유보선, 윤용승, "Bench급 석탄 가스화기를 이용한 합성가스 제조 및 활용 기술 개발", 한국에너지공학회 추계학술대회, 2005

#### 감사

본 연구는 산업자원부 산하 신·재생에너지센터에서 지원하는 "석탄가스화 합성가스 제조공정 및 발전시스템 기술 개발" 과제의 일환으로 진행되었습니다. 지원에 감사드립니다.