

분산형 Micro Gas Turbine 계통연계 전력품질 분석

윤기갑, 허광범, 임상규, 김상준, 조형래
한전 전력연구원

The power quality analysis of interconnection with the dispersed Micro Gas Turbine

Gi-Gab Yoon, Kwang-Beom Hur, Sang-Kyu Rhim, Sang-Joon Kim, Hyung-Rae Cho
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - This paper deals with the power quality of Micro Gas Turbine(MGT) generation system which is connected with distribution system. Measurements to evaluate the power quality of MGT generation system are performed with parameters that are frequency, voltage change, harmonics and flicker and then parameters are evaluated.

1. 서 론

급격한 경제성장과 산업의 고도화로 인해 전력소비의 급증과 환경오염 문제가 발생하고 있으며, 이로 인해 에너지 자원의 고갈과 환경파괴 문제가 야기되고 있다. 이러한 문제점에 대처하기 위해 에너지 공급가격 조절을 통한 수급정책과 각종 환경규제를 통하여 비효율적인 전력 생산 및 수급을 조절함으로써, 종래의 대형발전소 중심의 전력수급 체계가 수요관리와 제어를 고려한 체계로 변화하려 하고 있으며, 더 나아가 다양한 에너지원의 효율적 활용이 가능한 분산형 전원 시스템의 개발과 도입이 진행되고 있다.

분산발전 시스템 중 MGT(Micro Gas Turbine)을 이용한 발전시스템의 경우, 1) 디젤엔진 등 기타 발전원에 비해 공해배출 특성이 우수하고(특히 NOx 발생량이 매우 적음), 2) LNG 등의 청정연료를 사용하여 환경문제에 적극 대응할 수 있으며, 3) 열병합 발전시스템을 운용할 경우 높은 열효율을 실현할 수 있어서 디젤엔진 등 기타 동력원에 비해 에너지 사용 측면에서 매우 유리하며, 4) 단위전당 출력이 우수하여 입지 선정 등의 문제에 유리하여, 전력수급 문제에 유연하게 대처할 수 있는 장점이 있어 분산형 발전 시스템의 유력한 후보로 전망되고 있다.

본 논문에서는 MGT를 이용한 발전시스템이 전력계통에 연계되었을 때 계통에 미치는 영향을 알아보기 위해, MGT 발전시스템을 전력계통에 연계 하였을 때 출력단자에서 MGT 기동시, 정상상태 운전시, 정지시에 대한 주파수, 전압변동, 고조파, 플리커를 측정하여 평가하였다.

2. 60kW MGT 발전시스템 계통연계시 전력품질 측정 및 평가

2.1 60kW MGT 발전시스템의 사양

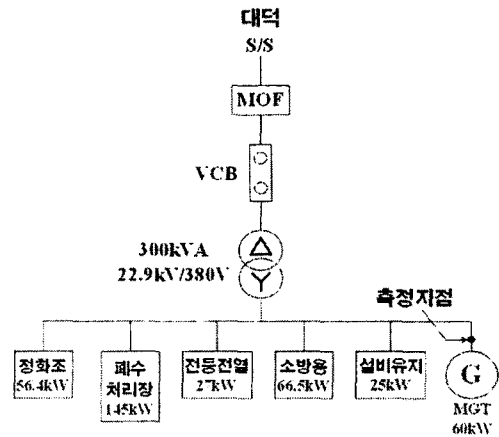
한전 전력연구원에 설치되어 계통연계 운전 중인 캡스톤 MGT의 경우 출력정격 전압이 미국 계통전압으로 설계되어 있어 한국전력공사에서 공급하고 있는 22.9kV 3상4선 320/220V로 계통전압을 맞추기 위해 1차 전압 480V 2차 전압 380V인 100kVA 강압변압기를 설치하여 계통에 연계하였으며 분산전원 계통연계시 필수적인 단독운전 방지장치는 MGT 자체에 부설되어 있는 듀얼모드 컨트롤러를 이용하였으며, 이는 IEEE 1547 및 UL 1741의 국제규격에 부합하도록 계통연계 운전 및 단독운전모드의 전환이 가능한 기능을 포함하고 있다. 표 1은 한전 전력연구원에 설치되어 계통연계 운전되고 있는 60kW MGT의 사양을 나타낸다.

<표 1> 60kW MGT의 사양

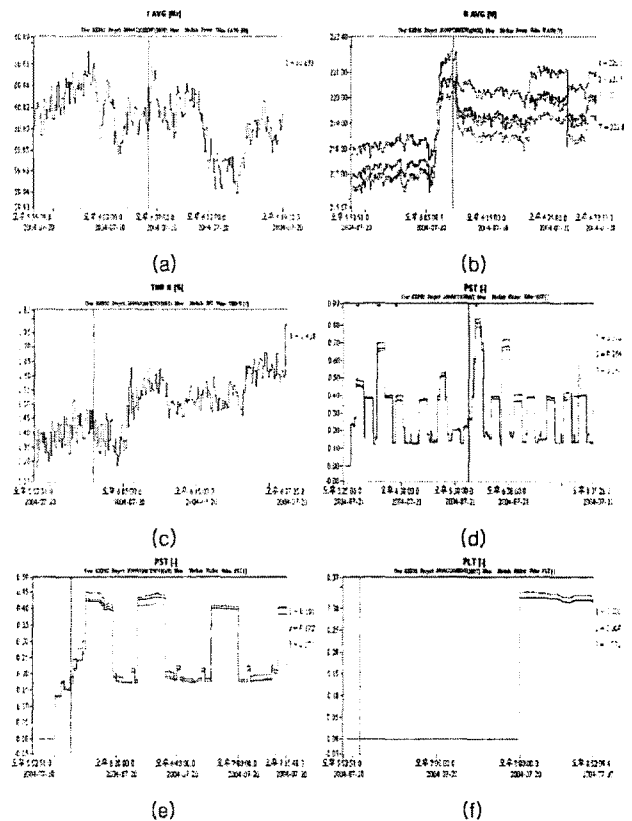
Grid Connect and Stand Alone	Performance specification
Rated Output	60kW
Thermal Efficiency	28.0(±2)% LHV
Emissions(NO _x)	9 ppm V @ 15% O ₂
Fuel Flow (LHV Based)	771,000kJ/hr (731,000Btu/hr)
Fuel Flow (HHV Based)	855,000kJ/hr (811,000Btu/hr)
Heat Rate (LHV Based)	12,900kJ/hr (12,200,000Btu/hr)
Exhaust Temperature	306°C (582°F)
Exhaust Heat Energy	571,000kJ/hr (541,000 Btu/hr)
Exhaust Mass Flow	0.48 kg/s (1.06lbm/s)

2.2 60kW MGT 발전시스템의 연계지점 및 측정지점

전력연구원은 대덕변전소(154kV/22.9kV)로부터 수전된 전력이 수전설의 주 변압기를 통하여 각 실험동 및 연구동으로 공급되는데 MGT 발전시스템은 중앙동 건물의 300kVA 22.9kV/280V/220V 변압기에 정화조설비, 폐수 처리장 설비, 전동설비, 소방설비 등의 부하설비들과 함께 계통연에 연결되

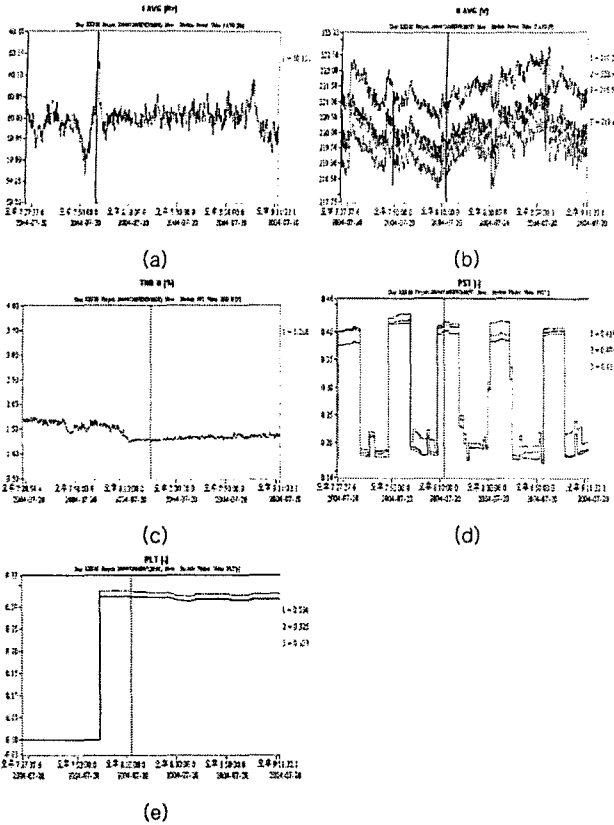


<그림 1> MGT 발전시스템이 연계된 전력연구원 수전설비



<그림 2> MGT 기동시의 전력품질 : (a) 주파수 (b) 전압변동 (c) 전압 THD (d) MGT 연계전 P_{st} (e) MGT 연계시 P_{st} (f) MGT 연계시 P_{st}

어 있다. 측정은 MGT 발전시스템의 출력단 3상 4선식의 380V 단자에서 수행되었으며 이는 발전전압 480V를 380V로 강압하여 계통에 공급하는 지점이다. 그림 2는 전력연구원의 수전설비, MGT 발전시스템 연계지점 및 측정지점을 보여주고 있다.



〈그림 3〉 MGT 정상상태 운전시의 전력품질 : (a) 주파수 (b) 전압변동 (c) 전압 THD (d) P_{st} (e) P_{It}

2.3 MGT의 기동시, 정상상태 운전시, 정지시의 주파수, 전압변동, 고조파 및 플리커 특성

2.3.1 MGT 발전시스템 기동시

그림 2는 MGT 발전시스템이 기동할 때, 그림 1의 측정지점에서 측정된 주파수, 전압변동, 전압 THD, 플리커를 나타내고 있다. 그림 2(a)에서 보이는 것과 같이 MGT 발전시스템의 기동전/후 주파수는 59.94~60.07 Hz로 주파수변동이 거의 없었으며, MGT 발전시스템 기동시에 주파수 변동이 없음을 확인하였다.

전압변동은 그림 2(b)에서 보이는 것과 같이, 기동시 출력이 220.9V로 상승하였으나 2분 후에 출력이 안정되었고 219V~220V를 유지하였다. 그림 (c)는 전압 THD를 보여주고 있다. 기동시 전압 THD가 약간의 상승하지만 기준범위 안에 있다.

그림 2의 (d), (e), (f)는 단기플리커(P_{st} : 10분)와 장기플리커(P_{It} : 2시간)를 나타낸다. P_{st} 와 P_{It} 는 계통에 연계된 상태에서 측정된 것으로 MGT 발전시스템에 의한 플리커와 계통 부하에 의해 발생하는 플리커가 함께 측정되었다. 따라서 MGT 연계에 따른 플리커의 변화를 알아보기 위해 그림 2(d), (e)와 같이 MGT 발전시스템이 기동하기 전의 P_{st} 와 기동시간이 포함된 P_{st} 를 측정하여 비교하였다. MGT가 계통에 연계되기 전에는 기준치($P_{st}=1$)이하로 안정하였고 MGT의 기동시간이 포함된 P_{st} 도 기준치 안으로 안정하였다. 장기 플리커도 그림 2(f)에서 보이는 것과 같이 기준($P_{It}=0.65$) 이하로 안정하였다.

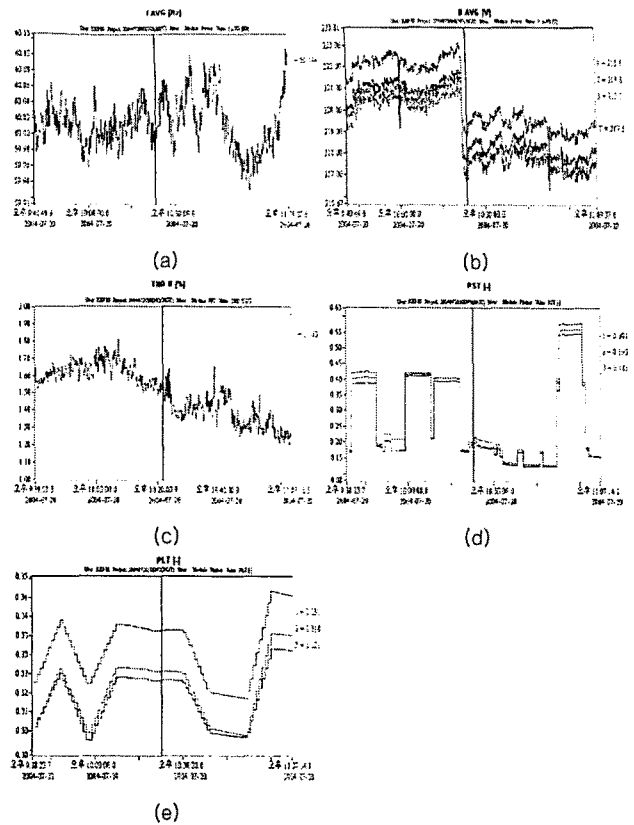
2.3.2 MGT 발전시스템 정상상태 운전시

그림 3(a), (b), (c)에서 보이는 것과 같이 주파수는 59.87~60.13Hz, 전압은 219.5~221V, 전압 THD는 1.3~1.7%로 모두 기준치 이내에 있었다.

MGT 정상상태 운전시 단기플리커는 그림 3(d)에 보이는 것과 같이 0.43으로 MGT 발전시스템이 연계되기 전보다 작게 나타났다. 이는 MGT 발전시스템이 계통에 연계되어 계통 플리커 값의 안정에 도움이 되었다는 것을 의미한다. 마찬가지로 장기 플리커도 0.32로 MGT 발전시스템이 연계되기 전보다 작게 나타났다.

2.3.3 MGT 발전시스템 정지시

그림 4(a)에서와 같이, MGT 발전시스템이 정지될 때도 주파수는 59.57~60.08Hz로 변화가 없다. 주파수의 경우 MGT 발전시스템 기동시, 정상상태 운전시, 정지시 모두 변화가 없었다. 이는 MGT 발전시스템이 주파수에 거



〈그림 4〉 MGT 제거시의 전력품질 : (a) 주파수 (b) 전압변동 (c) 전압 THD (d) P_{st} (e) P_{It}

의 영향을 미치지 않음을 의미한다. 전압변동은 그림 4(b)와 같이 MGT 제거시 3상 모두 2~3V 정도 떨어지는 특성을 보인다. 전압 THD는 1.2~1.8%로 그림 4(c)에 나타난다. 전압 THD도 주파수와 마찬가지로 MGT의 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있다.

그림 4(d), (e)에서 보여진 것과 같이 MGT 발전시스템 정지후 단기·장기 플리커가 상승하고 있다. 이는 MGT 발전시스템이 계통에 연계되었을 때 플리커를 오히려 낮추는 역할을 하고 있음을 알 수 있다. MGT 발전시스템 정지후 단기·장기 플리커가 상승하였으나 그 값은 모두 기준치 이내로 안정하다.

3. 결 론

60kW MGT 발전시스템을 전력계통에 연계하였을 때 출력단자에서 MGT 기동시, 정상상태 운전시, 정지시에 대한 주파수, 전압변동, 전압 THD, 플리커를 측정하여 평가하였다. 주파수, 전압 THD는 MGT 발전시스템의 영향을 거의 받지 않았고, 전압의 경우 MGT 기동시에는 전압상승, 정지시에는 전압강하가 있었으나 그 크기가 미미하여 측정기간 내내 기준치 이내로 안정하였다. 플리커는 MGT 발전시스템이 연계되지 않은 경우보다 연계된 경우 그 값이 더 작아졌다.

분산형 전원이 배전계통에 활발히 도입되고 있으나 태양광 또는 풍력 발전의 경우 날씨에 따라 출력이 심하게 변동하여 계통이 약한 지역이나, 전기품질에 민감한 지역에는 도입이 쉽지 않다. 따라서 이러한 지역에는 출력이 일정하고 계통연계시에도 전기품질에 큰 영향을 끼치지 않는 MGT 발전시스템이 큰 이점을 가질 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE, "IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power System", IEEE 1547.1, 2005.
- [2] IEC, "Limitation of Voltage Changes, Voltage Fluctuations and Flicker in Public Low-Voltage Supply Systems, for Equipment with Rated Current Less Than or Equal to 16A Per Phase and Not Subject to Condition Connection", IEC 61000-3-3, 1994.
- [3] IEC, IEC 61000-4-15, "Testing and measurement techniques-Flickermeter-Functional and design specifications", IEC 61000-4-15, 1997