

# 1D1) 가스터빈 압축기 세정을 통한 NOx 저감 NOx Reduction Using Gas Turbine Compressor Water Washing

오창록·전상기

한국동서발전 일산복합화력발전처

## 1. 서론

가스터빈의 NOx 배출저감 방법은 저녹스버너(DLN : Dry Low NOx Burner)에 의한 방법과 Water Injection에 의한 방법, Water Injection과 SCR설비를 동시에 고려한 처리설비들로 구성되어 있다. 국가 환경기준은 계속 강화되고 방지시설 설치비도 워낙 고가여서 환경설비 운영이 발전원가에 미치는 영향도 막대하여 저렴한 가격으로 기준도 지키면서 질소산화물 농도도 감소시킬 수 있는 방법들을 모색하는 것이 절실하게 요구된다.

질소산화물은 Fuel NOx와 Thermal NOx로 구별되며, LNG 사용 가스터빈의 경우 거의 모두 Thermal NOx이다. 따라서 방지시설도 Thermal NOx 발생을 억제하기 위해 연소온도를 조절하는 방법을 적용한다. NOx의 발생량은 연소시의 불꽃의 온도에 따라 달라지고 관계식은 다음과 같다.

$$O \text{ NOx 발생량} = K \cdot e^{kT} \quad (T : \text{절대온도})$$

따라서 연소 온도가 높고 고출력 설비에서 불꽃의 온도를 내려주는 방법이 곧 NOx의 발생량을 감소시키는 방법이다. 이 불꽃의 온도를 낮추는 수단으로서 저녹스버너나 연소실내에 물 혹은 증기를 분사하여 저감시키는 물주입설비를 운영하고 있으며 일산복합은 물주입법을 채택하고 있다.

## 2. 연구 방법

본 연구는 일산복합발전소 6대 가스터빈을 대상으로 하였으며, 가스터빈 Compressor에 대해 실시하는 물세정이 터빈 효율에 미치는 영향을 분석하고, 물을 이용 연소온도를 저감시키면 NOx 저감도 가능하다는 점에 착안하여 Compressor 세정을 NOx 저감에 이용하여 발전설비의 안정운전을 도모하고, 기존의 방지시설인 물주입설비를 대신할 수 있는지 여부를 비교 조사하여 현장 실증 적용 연구사례로서 활용하고자 한다.

## 3. 결과 및 고찰

발전효율에서 70~80%를 차지하는 가스터빈 압축기의 오염을 제거하기 위한 물세정은 터빈을 가장 경제적이고 효율적으로 운영하는 최대 관건이 된다. 이 세정을 위해서 발전소에서는 On-Line, Off-Line 세정을 실시하고 있으며, 이를 이용하여 발전기 평균 출력을 오프라인 약 2~5%, 온라인세정은 약 1% 증가시켜 발전기 성능향상 및 연료절감 효과를 가져 올수 있다. 일산복합은 NOx 방지시설인 물주입설비(Water Injection)가 고온부품 손상과 발전 불안정의 가장 큰 문제점임을 감안하여 물주입설비를 운전하는 대신 '05년부터 NOx 국가 기준 300ppm을 어떻게 준수할 것인가에 대하여 자체적인 노력을 기울인 결과 운전의 목적이 전혀 다른 압축기 세정방법을 NOx 저감에도 이용하여 상당한 효과를 거두게 되었다. Table 1은 Compressor 세정 전,후의 의한 NOx 저감 시험결과이다.

Table 1. NOx emission test results using Compressor Water Washing.

일정 / 호기	#1 G/T	#2 G/T	#3 G/T	#4 G/T	#5 G/T	#6 G/T	평균	대기온도
'04. 7. 5. 세정전	245 ppm	241	239	259	244	250	246	33℃
	후	220	218	216	231	220	221	
'04. 7. 19 세정전	249	243	233	260	245	240	245	32℃
	후	220	219	217	242	219	217	
'04. 8. 20 세정전	260	258	269	273	268	263	265	30℃
	후	219	223	234	249	240	230	
'04. 7. 27 세정전	237	260	272	289	265	259	268	27℃
	후	224	217	226	236	213	221	

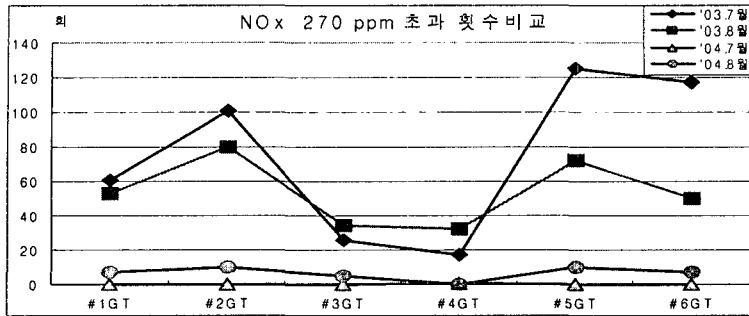


Fig. 1. The number of times which exceeds NOx emission 270ppm before/after Compressor Water Washing.

Fig. 1에서 보는 것처럼 NOx 배출기준 300ppm에 근접 할 경우의 경고치인 270ppm 초과횟수가 실험 전,후 95% 감소한 결과를 얻었다. 이는 물을 분사하면 공기밀도가 높아져 연소버너에서 연소온도를 약 10℃ 낮추어 발생농도를 낮추기 때문인 것으로 판단된다.

대기온도에 따라 효과가 차이가 있지만 25-50 ppm 까지 NOx 농도가 낮아졌다.

Water injection 에 의한 NOx 저감의 단점인 고온부품 열부하 변화로 인한 수명 단축과 장해현상이 거의 발생하지 않으며, 순간적인 응답이 가능하고 값비싼 비용이 수반되는 Water injection 설비 운용을 하지 않고도 300ppm 기준을 임의로 준수할 수 있다. 저녹스버너를 채택하는 가스터빈에서도 비정상 NOx 발생시 적용이 가능하며, 또한 발전기 효율 0.16% 상승과 더불어 연료량 절감도 연 1,800톤에 달해 7억여원의 원가절감도 기대된다.

### 참 고 문 헌

- 한국전력공사 (1997) 「가스터빈 신뢰도 향상방안 연구」, 한국전력공사 발전처.
- 한국발전연구원, 복합화력운전실무, (2004). 73-109.
- 한전 기술연구원, 발전소성능관리 세미나, (1993).
- 홍용식, “가스터빈 엔진”, 청문각 (1983).
- Harry Margolis, U.S. Navy On-Line Compressor Washing of Marine Gas Turbine Engines, (1991).
- Jean Pierr Stalder & Peter van Oosten, Compressor Washing Maintains Plant Performance and Reduces Cost of Energy Production, ASME 94-GT-436(1994).