

근 발전시설에 사용되는 유가의 폭등 및 환율변동에 따른 제반 비용의 증가로 인하여 발전시설을 운영하는 모든 사업장에서 많은 어려움을 느끼고 있는 실정이며, 모든 시설물에 대한 계획정비의 기간도 원가의 절감차원에서 과거에 비하여 장기운전으로 전환되고 있는 추세이다.

배연탈황방법중에서 수산화마그네슘을 이용한 PROCESS가 과대한 부대시설이 필요로 하지 않으며, 저렴한 약품비용으로 인하여 발전시설을 운영하는 사업장에서는 많은 원가절감의 효과를 얻을 수 있을 것이다.

다변화되는 세계경제적 상황과 환경정책에 능동적으로 대처하기 위해서는 발전시설을 운영하는 사업장 모든 종사자들의 원가절감을 위한 부단한 노력이 필요로 하다. 국외로부터 전량을 수입에 의존하는 유류의 사용은 많은 외화지출의 요인이되고 사

업장의 경제적 부담을 주는 요소가 된다. 따라서 배연탈황에 대한 설비의 투자는 경제적 측면뿐만 아니라 쾌적한 생활환경 및 근무환경을 조성하는데 중요한 부분을 차지한다. 날로 발전하는 산업사회에서 성장위주의 경영에서 환경과 원가절감의 목적을 동시에 달성할 수 있는 시설의 투자는 정부에서 시행하는 에너지절약시책에 능동적으로 부응하고, 침체된 국내경제에 활력을 불어넣는 계기가 될 것이다.

그러나 경제성만을 고려하여 저렴한 설비를 설치하였을 경우 보수를 위한 탈황설비 및 관련설비의 중단등으로 인하여 설비의 초기투자 비용보다 많은 보수 및 개선비용이 발생되 점을 감안하여 향후 강화되는 환경조건에 만족할 수 있는 보다 완벽한 설비의 구성을 염두에 두어 신중하고 치밀한 계획하에 추진하여야 할 것이다.

열전가변형 가스터빈 열병합발전 소개

- 일본제온(주) 가와사키 공장 사례를 번역 게재 -

1. 회사 및 공장 소개

일본제온 주식회사는 1950년 요코하마 고무, 후루가와 전공, 일본경금속의 후루가와계 3사가 공동출자하고 미국의 B, F Goodrich Chemical과의 기술 제휴를 토대로 설립되어 합성수지 및 합성고무의 메이커로서 업계를 리드해 왔다. 가와사키공장은 1959년에 특수합성고무인 NBR(Acrylic nitrile, 푸타젠고무)의 양산공장으로 일본에서 처음으로 국산화에 성공하였다. 그후 30년에 걸쳐 합성고무와 합성라텍스를 주제품으로 하고 자동차의 중요보안제품인 벨트, 호스, 펌핑류의 소재를 비롯하여 크레코드용, 접착제용, 타이어코드용등의 각종 합성라텍스를 제조하고 있다.

2. 도입 경위

당 공장에서는 1988년 3,770KW 가스터빈 열병합발전 시스템을 도입하여 대폭적으로 에너지비용을 저감하며 에너지절약을 실현하였다. 또한, 1989년에는 중유연소 60t/h 수관보일러를 2t/h×15대의 도시가스연소 소형 관류보일러의 다관설치방식으로 바꾸어 증기부하에 맞게 대수제어를 하며, 최적보일러 운전과 로테이션을 하고 증기 원단위의 향상과 집중감시 시스템을 채용함으로써 대폭적인 성력화를 실현하였다.

동시에 종래부터 가동하고 있던 산업폐기물 소각로의 조연바나도 도시가스로 전환하여 연료의 일원화와 저공해화를 도모하고 환경대책을 먼저 실시하여 왔다. 그 후, 생산량의 증대에 수반하여 에너지소비량, 특히 전력소비량이 증가하여 보다 한층 더 에너지비용의 삭감과 에너지절약을 실현하였기 때문에 1993년에 열병합발전 2호기 도입프로젝트를 시작하였다.

1호기의 가동실적에 의하여 가스터빈 열병합발전시스템의 신뢰성이 높고, 에너지절약성과 비용절약성에 대해서는 실증이 끝났으나 1호기와의 병렬운전을 하기위하여 최적시스템을 검토할 필요가 있었다. 에너지비용을 삭감하는데는 가능한한 발전출력이 큰 기종으로 계약전력의 저감을 도모하는 것이 우위지만 그 경우에는 하계에 잉여증기가 발생한 다. 그래서 열전가변형 증기주입 가스터빈 열병합발전시스템인 IHI사의 2 유체사이클(이후 FLECS : Flexible Electric CO-generation System)를 채용하기로 하였다.

3. 시스템 개요

3-1. 특징

아리손사제 가스터빈 501 KH5를 사용한 FLECS

은 증기를 가스터빈에 분사하므로써 터빈의 축사사를 증가시켜 발전량을 증가시키는 열전가변형 열병합발전이다. 열전가변형에 의한 특징을 아래에 나타내었다.

(1) 여름철 피-크 컷트

하계주간의 피크전력시에 발전량을 증가시켜 계약전력을 대폭적으로 저감 가능.

(2) 잉여증기의 활용

이제까지 4MW 가스터빈 열병합발전을 도입한 경우에 계절·시간대에 따라 잉여증기가 발생하는 수요가에서는 잉여증기를 전량 가스터빈에 분사하는 것으로 가스터빈의 FULL 가동이 가능.

(3) 스페이스 및 비용절약

복합시스템에 비하면 설치면적 및 초기비용의 저감이 가능. 또한 증기분사용 보일러 급수로 연수이용이 가능하기 때문에 운전비용의 저감을 도모한다.

가스터빈 연소기 외주에서 출력상승용 증기분사가 이루어진다. 수요가의 전력수요 및 증기수요에 부응하여 운전하는 것이 가능한 시퀀스제어를 채용하고 있다. 배열회수 보일러로부터 발생하는 증기의 제어방법으로는 전력수요에 응하여 가스터빈으로 공급하는 전력우선 모-드와 증기수요에 응하여 공정으로 공급하는 공정증기 우선모-드의 2가지 모-드로 된다.

일본제온(주)에서는 열병합발전시스템 1호기는 기저부하운전으로 하고 2호기에 대하여 전력·증기수요에 부응한 운용을 하므로써 경제성·에너지절약성을 향시시켰다. 구체적으로는 하계에는 전력피크 삭감을 위하여 전력우선모-드 운전을 하고 기타계절에 대하여는 종합효율이 높은 공정증기우선 모-드로 하여 전력·증기부하의 균형에 부응하여 출력을 변화시키는 운전을 하고 있다.

하계전력피-크 삭감을 위하여 열병합발전 2호기를 전력우선 모-드로 운전하므로써 계약전력을 2,000KW로 할 수가 있었다. 또한, 금년 하계는 운전한지 얼마되지 않아서 수전량 1,000KW 제어로 운전을 하였는데 가을부터의 공정우선모-드 운전에서는 시스템의 신뢰성이 확인되었기 때문에 수전량 500KW로 운전을 하고 있다.

3-2. 시스템 후로-

전력우선모-드와 공정증기 우선모-드의 제어방법에 대하여 아래에 개요를 설명하였다.

(1) 전력우선모-드

전력수요량에 부응하여 케-스증기 유량조절변(FCV1)이 개폐된다. 유량제어된 케-스 증기는 예젝타로 압축기부터 추기된 공기와 혼합시킨 후 과열증기로 가스터빈에 분사시킨다. 케-스증기유량의 변동에 대하여 증기드럼내압(PT102)을 일정하게 유지하도록 공정라인의 공정증기 유량조절변(FCV0)이 개폐된다. 또한, 급부하변동으로 공정증기 유량조절변이 추종되지 않을 경우에는, 증기방출변(BV0)이 열려 드럼압력을 유지하게 된다.

(2) 공정증기 우선모-드

공정증기의 수요(공정증기압력"PT101")에 부응하여 공정증기 유량조절변(FCV0)이 개폐된다. 공정증기유량의 변동에 대하여 증기드럼내압(PT102)을 일정하게 유지하도록 케-스 증기라인의 케-스 증기유량 조절변(FCV1)이 개폐된다. 케-스 증기유량의 변동에 대하여 발전량을 일정하게 제어하기 위하여 연료가스 유량조절변을 제어시킨다.

또한, 증기의 미스트분이 가스터빈 분사용 증기중에 혼입되는 것을 방지하기 위하여 증기드럼의 하류에 드레인 세퍼레이터 및 미스트 세퍼레이터를 설치하였다.

3-3. 개략 사양

(1) 개략 성능

FLECS의 개략성능을 표 1에 표시하였다. 표 1은 대기온도 15℃에서 전력최대 운전시와 증기최대 송기시에 대한 발란스를 표시하였다.

표 1. 개략 성능표(대기 15℃)

	전력 최대시	송기증기 최대시
발전단 출력(KW)	6,260	4,080
연료 소비량(Nm ³ /h)	1,500	1,200
증기 조건	18Kg/cm ² g 포화	18Kg/cm ² g포화
증기 발생량(t/h)	13.6	11.3
송기 증기량(t/h)	3.81	9.6
발전단 효율(%)	36.1	29.4
배열회수효율(%)	15.4	48.7
종합 효율(%)	51.5	78.1

(2) 기기 사양

표 2에 가스터빈 배열회수보일러 탈초설비등의 개략사양을 나타내었다. 설치공간이 좁기때문에 가스터빈과 배열회수보일러를 병렬로 설치하고 닥트를 U자로 구부려 접속하였다.

표 2. 개략 사양표

기 기	항 목	사 양	비 고
가스터빈	메이카 패키지 명칭 출력(KW) 최대증기분사량 회전수(RPM) 압축기/터빈 연소기 저감대책 흡기휠터사양	아리손사/HHI 501KH5 4,080~6,260 9.8 14,580 축류14단/축류4단 LE3형×6관 노즐분사기 3단(부레·중성능·고성능)	혹기온도15℃
베일 보일러	메이카 형식 최고사용압력(MPa) 운전압력(MPa) 출구증기온도(℃) 증기 발생량(t/h)	이시가와시마 범용보일러 옥외형자연순환식 2동수관보일러 2.06 1.77 209 13.6	
탈초설비	메이카 형식 촉매	일본 촉매 암모니아가스에의한 건식접촉환원 하니컴상 촉매	

4. 성능시험 결과

4-1. 증기 Separation 특성

관수의 전기전도율을 파라미터로 한 각종 부하변동에 의한 증기성상의 특성시험을 한 결과 관수전기전도율을 2,300~3,000 μ S/cm의 범위내에서 제어를 하는 것으로 안정적인 분사증기성상을 유지할 수 있다는 것을 확인하였다. 이 상태를 유지하기 위하여 다음의 보일러 관수·증기성상관리를 하고 있다.

- ① 자동연속후로-장치에 의한 보일러관수 농도제어
- ② 관수 및 증기라인으로의 전기전도율계 설치에 의한 성상의 감시
- ③ 증기분사라인의 자동차단(관수 및 증기전도율이 허용치를 초과하는 경우)

사용하고 있는 원수, 연수처리후의 보일러 급수 및 미스트 세퍼레이터 출구에서 증기성상에 대하여 계량한 결과예와 가스터빈 메이카인 아리손사에서 제시하고 있는 증기허용 성상을 표 3에 나타내었다. 응축수중 탄산이온의 영향으로 분사증기의 전기전도율이 9.3 μ S/cm로 높지만 실제로 분석된 것은 Na+K는 0.05ppm이하이기 때문에 충분한

Separation이 되고 있다는 것을 알 수 있다.

4-2. 동특성

부하변동시 시스템추종성 시험결과와 일례로 공정 우선모-드에서 전력우선모-드로 바꿀 경우 또한, 수전전력 일정제어를 하고있는 경우의 발전전력량, 증기분사량, 보일러 드럼압력, 보일러 드럼레벨의 특성을 시험하였다.

공정우선모-드에서 전력우선모-드로 바꿈에 따라 가스터빈에 투입되는 증기분사량이 1.5t/h 정도에서 9t/h로 상승하고 발전출력이 4MW에서 6MW로 이행되는 것이 나타나고 있다. 이때 보일러 드럼의 레벨, 드럼내압은 큰 변동없이 안정되어 있는 것이 확인되었다. 또한, 수전전력 일정제어에서 공장내 전력수요가 변화된 때의 증기분사특성이 나타나고 있다. 전력수요의 변화에 대하여 보일러 드럼레벨, 드럼내압을 안정시키면서 증기분사량을 변화시켜 발전출력을 제어할 수 있다는 것이 확인되었다.

표 3. 수질·증기성상 결과

	계측데이터 예			아리손사 기준
	원수	보일러급수	주입증기	주입증기
PH	7.2	6.9	5.6	-
전기전도율(S/cm)	200	230	9.3	-
Na(mg/l)	15	54	0.013	Na+K≤0.05ppm
K(mg/l)	2.1	3.5	0.002이하	
SiO ₂ (mg/l)	16	16	0.1이하	0.1ppm이하

4-3. 탈초 성능

본 LECS은 가와사키시의 Nox 총량규제를 만족시키기 위하여 노즐증기분사에 의한 탈초와 암모니아 가스 선택환원 탈초에 의하여 Nox를 저감하고 있다. 또한, 가스터빈에서의 출력상승용 증기분사량에 의하여 가스터빈 출구 Nox농도가 변화하기 때문에 증기분사량에 의하여 분사되는 암모니아 가스량을 제어하는 Feed-back, Feed-forward제어를 채용하였다. 이것에 의하여 급격한 부하변동에 대해서도 출구 Nox농도를 안정적으로 할 수 있다.

5. 결 언

1996년 4월 22일~23일에 사용전 검사를 실시하여 합격증을 받은 후 5월부터 상용운전을 하고 있다. 1996년 10월에 가스터빈 본체의 개방점검을 실시하였으나 증기분사에 의한 고온부품에서의 영향이 없는 것이 확인되었다. 앞으로도 최적한 운전사양에 노력, 더욱 에너지절약·비용절약이 되도록 검토하여 가려 한다.