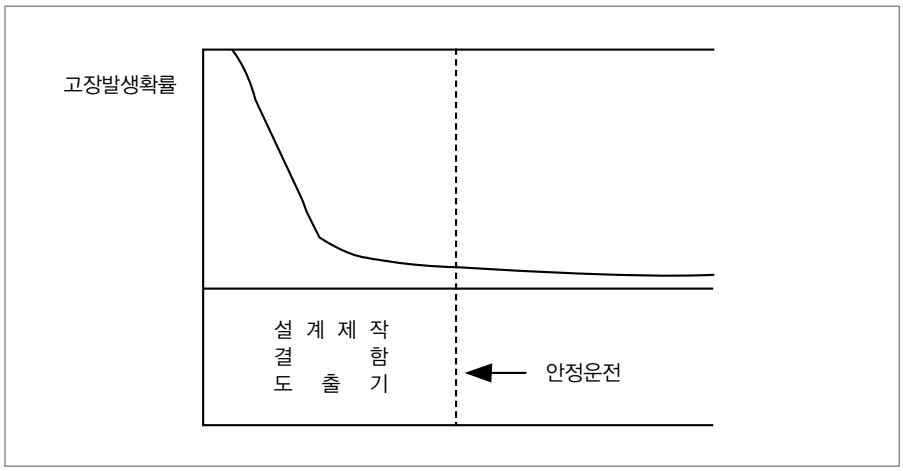
보령화력 1,2호기 성능개선 현황 및 기대효과

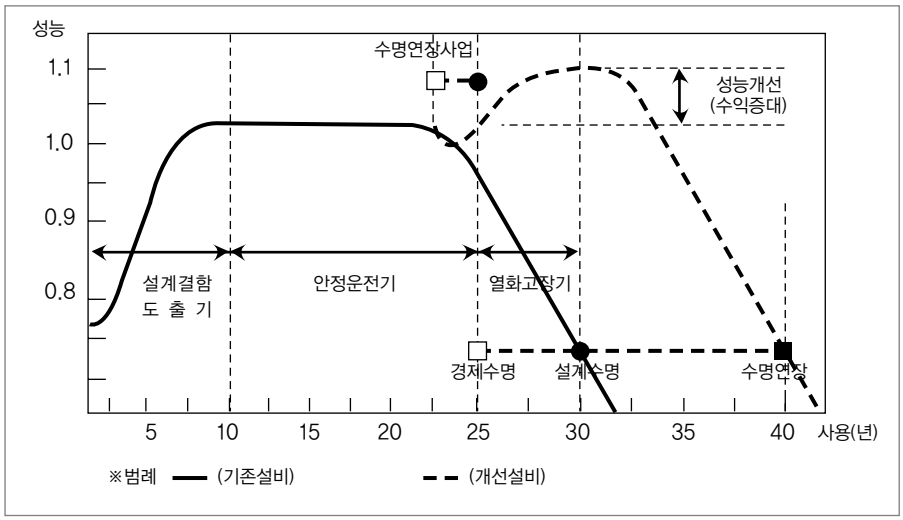
최 유 신
한국중부발전(주) 발전처 차장

1. 개 황

보령화력 1,2호기는 국내에서 운영 중인 500MW급 석탄화력 발전설비 중 최초로 건설(1호기 준공 1983년, 2호기 준공 1984년)된 발전소로서 25년간 150회 이상 기동하여 평균 81.75%의 이용률로 운전되었다. 장기운전에 따른 설비 노후화로 40.54%였던 설계 효율은 1, 2호기 각각 39.70%와 39.50%로 저하되었으며, 2010년 이후



경년별 고장발생 특성



성능개선 및 수명연장 개념도

예정된 질소산화물 및 황산화물 등의 대기오염물질 배출 규제 강화로 탈황 및 탈질설비 설치의 필요성이 대두되었다.

발전설비는 운영특성상 20년 이상 경과되면 성능과 신뢰도가 저하되므로, 등가운전시간 10만 시간 초과, 경과연수 20년 이상, 기동회수 400회 이상 발전 설비에 대하여 수명진단을 시행하고, 경제성과 타당성을 검토하여 성능개선과 수명연장을 진행한다.

2. 현 황

가. 사업 개요

◆ 사 업 명 : 보령화력 1,2호기 성능개선 및 수명연장 공사

◆ 설비용량 : 500MW × 2대

◆ 사업기간 : 2006. 7 ~ 2009. 10(40개월)

◆ 공사기간 : 2008. 10 ~ 2009. 7(9개월)

○ 1호기 : 2009. 1 ~ 2009. 7(190일)

○ 2호기 : 2008. 10 ~ 2009. 4(172일)

나. 설비 현황

증기터빈은 Toshiba의 재생 재열식 충동터빈으로 고압 및 중압 터빈은 증기의 유로방향이 반대인 한 개의 셀이며, Double Flow 저압터빈으로 구성되어 있다. 고압터빈은 7단, 중압 및 저압터빈은 6단이며, 저압터빈의 Last Stage Blade는 33.5인치이다.

보일러는 Bobcock and Wilcox사의 B&W Carolina Radiant Boiler(RBC) 형식으로 1단 재열, 평형통풍의 아임계압 자연순환 보일러로서 미분탄 전소 및 경유의 혼소 또는 전소가 가능하며 점화, 기동 시 경유를 보조연료로 사용한다. 최대연속 증발량은 1,781[Ton/Hr]이며 과열기 출구의 온도는 540℃, 압력은 176.4Kg/㎠ 이다.

발전기는 Toshiba 제품으로 정격전압 22,000V, 정격용량 626,000KVA의 수소 및 수냉각 형식으로 회전자계와 스타결선된 3상 전기자 권선으로 구성되어 있으며, 발전기 중성점은 2차 권선에 저항과 접지 계전기를 접속한 단상접지용 변압기를 통하여 고저항 접지된다.

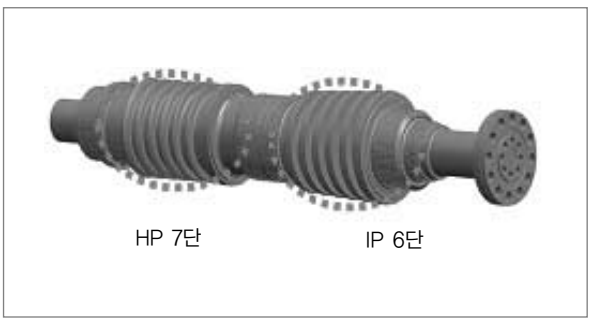
제어설비는 아날로그 형식으로 보일러 제어 Bailey 820, 버너 제어 Bailey 861, 터빈제어 EHC/DEHC, 전산설비 Ovation으로 구성되어 있다.

다. 설비개선 현황

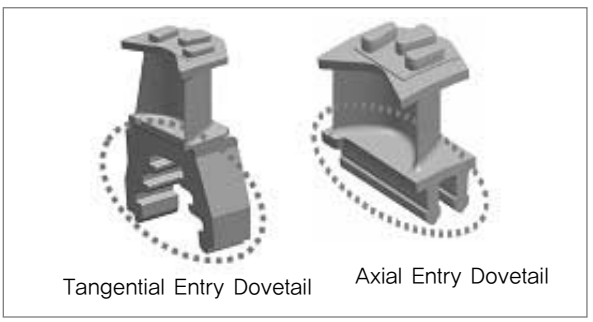
터빈설비

고 · 중압 터빈의 단수를 각 1단식 증가하여 HP 7단, IP 6단으로 구성하였으며, 로터 총 중량을 일정하게 유지하기 위해서 직경을 감소시켰다. 이 단수 증가로 터빈의 효율 향상 및 출력 증대하였다.

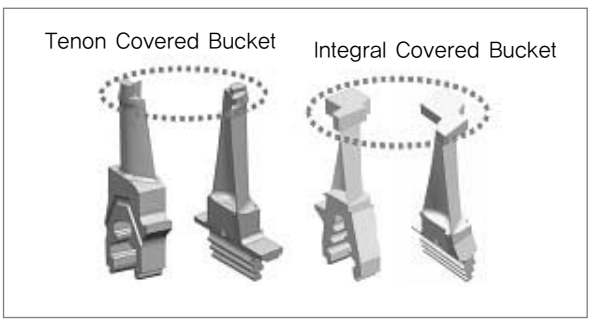
고압터빈 1단 Bucket은 Tangential Entry Dovetail Type을 Axial Entry Type으로 개선하여 출력상승에 따른 Steam flow 증가로 요구되었던 보다 높은 Dovetail 강도를 확보하였다.



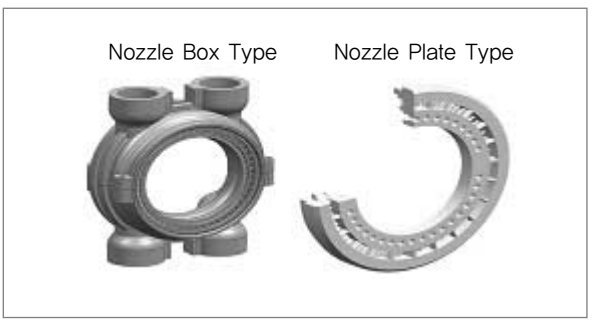
터빈단수 증가



Bucket 개선



Bucket 개선



다이어프램 개선

고 · 중압 터빈의 Tenon Covered Bucket은 분해조립 시 리벳팅으로 작업시간이 과다하게 소요되었으나 일체형 구조인 Intergral Bucket과 Covered Bucket으로 개선하여 단의 효율을 증가하였을 뿐 아니라 분해, 조립 시의 작업시간 또한 단축하였다.

또한 500MW급 발전소로는 국내 최초로 고압터빈 1단의 다이어프램을 Nozzle Box Type에서 비교적 구조가 간단한 Nozzle plate Type으로 개선하여 다이어프램 제작 소요시간이 단축되며 분해, 조립 또한 용이하다.

이와 함께 습분에 의한 Corrosion Pitting 및 Erosion Shield부 침식으로 저압터빈 L-0, L-1 Blades & Nozzle을 교체하였으며, Nozzle Spill Strip, Packing Ring 및 Steam Guide를 교체함으로써 터빈효율 및 설비 신뢰도를 향상시켰다.

보일러 설비

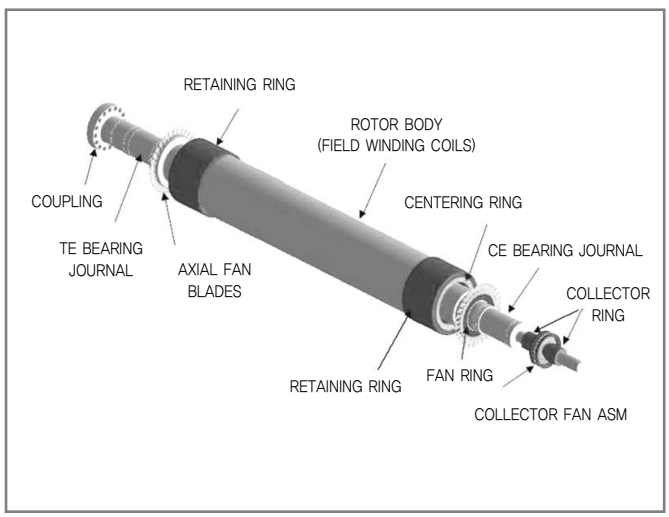
보일러 튜브는 장기사용에 의한 수명소비율이 약 50~60%로써, 튜브 내부 스케일 증가에 의한 열 부하 상승, 탄종 다변화에 따른 운전조건 변화로 튜브 수명이 줄어들 것으로 진단되었으며, 최종과열기 및 재열기 튜브 금속온도 Margin 부족으로 운전 신뢰도가 저하된 상태였다. 따라서 2차 과열기 및 재열기 튜브의 재질을 격상(T22, T91 및 T92) 교체함으로써 운전허용 온도를 상승시켰다.

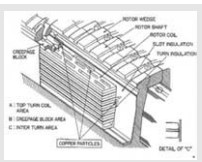
건설 직후 과열기 Spray Water 과다 투입으로 주증기 온도 정격 유지가 어려워 1차 과열기를 일부 절탄기 튜브로 전용하여 과열기 용량을 감소시켜 사용하였다. 출력증대 시 주증기 정격온도(540℃)를 유지하기 위해서 1차 과열기 튜브를 복원(2,264㎡)하여 전열면적을 증대시켰다.

절탄기 일부를 1차 과열기로 복원하여 발전출력이 증대함에 따라 배기가스 온도가 상승하게되므로 탈질설비 후단 Duct에 절탄기 튜브를 신설, 전열면적을 확대(3,350㎡)하여 보일러 효율 저하를 방지하였다.

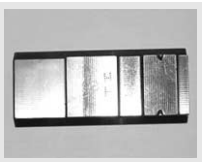
전기설비

발전기 장기사용에 의한 고정자 권선 열화, 회전자 Retaining Ring부 Crack, Wedge 피로도 증가 및 Loose 등이 발생하였다. 고정자 권선 교체로 Winding Loss를 최소화했으며, 회전자 Retaining Ring의 재질을

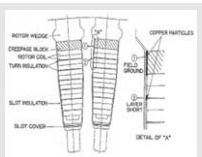




■ 권선 절연계급 향상
(B종 → F종)



■ Rotor Wedge 재질개선
(Steel → Aluminum)



■ 코일 및 극간 접촉재 교체

발전기 회전자 개선

제어시스템 개선

18Mn-5Cr에서 18Mn-18Cr으로, 회전자 절연등급을 B Class에서 F Class로 개선하였다.

여자제어시스템은 발전기 회전자 권선에 직류전류를 공급하여 발전기 단자전압을 형성하는 장치로써, 정류기 싸이리스터 누설전류가 신품에 비해 10배 이상 흘러 설비의 고장 가능성이 크고, 계자차단기 주 접촉자의 탄화가 많이 진행되었다. 3상 전파 위상제어 정류기(PCR)를 적용하여 정지형 디지털 3중화 제어기 구현하여 응답속도를 개선하였다.

계측제어 설비

주제어설비는 제어카드의 내용수명 시간 경과와 제작사의 정비품 생산 중단으로 유지 · 정비 한계에 도달하였다. 다양한 제어기능 구현이 어려운 아날로그 제어방식으로 최신 분산제어시스템(DCS)으로 교체하였으며, 500MW급 발전소 중 국내 최초로 보일러제어설비와 터빈제어 설비가 하나의 네트워크로 이루어진 통합제어시스템을 구성하였다.

3. 전 망

보령 1,2호기의 성능개선 공사 결과 연속 허용출력(MAR)기준 출력 25MW 향상, 종합효율 1.44% 증대 및 수명 10년 연장의 효과를 가져왔으며, 이를 계량적인 유형효과로 환산하면 연간 287억 원의 수익을 증대한 것이다. 2개 호기의 출력 50MW 향상은 발전소 건설비용으로 환산할 경우 500억 원의 절감효과를 가져왔다. 또한 공사 기간에 설치된 탈질, 탈황 설비 등의 공해방지시설로 친환경발전소에 한걸음 더 다가서는 계기를 마련했다.

하지만 무엇보다 중요한 것은 중부발전의 『장기사용 발전설비 성능 및 수명관리 종합대책』에 따라 국내 최초로 500MW급 석탄화력 발전소의 성능개선을 성공적으로 수행했다는 것이다. 이번 성능개선을 통해 축적된 임직원의 기술 및 노하우는 향후 국내 · 외 유사 발전소 성능개선 공사의 모범적인 선례로 활용될 것이다. KEA

구 분	개선 전	개선 후	비 고
설비용량	510MW	535MW	25MW 증가
종합효율	39.6%	41.04%	1.44% 증가
가동수명	2015년	2025년	10년 연장