

## 가스·스팀터빈 분야 연구동향

정진택\*

### 1. 서 론

2001년도의 가스/스팀 터빈 분야의 주요 연구동향을 발표된 논문을 중심으로 소개한다. 자원이 제한되어 있는 우리나라 실정에서는 아직도 가장 많이 사용하고 있는 화석연료를 보다 더 효과적으로 사용해야 한다는 의무감이 그 어느 나라보다 크다. 원자력 발전의 비중이 많이 높아가고 있지만, 아직까지도 기존의 화력발전 또는 복합발전이 기저부하 및 피크 부하를 담당하고 있기 때문에 가스 및 스팀 터빈에 관련된 연구는 필수적이라 할 수 있다. 비록 수요에 비해서는 산업 규모나 연구개발 수준이 선진국에 미치지 못하지만, 기술 및 제품 수입의 해외 의존도를 줄이고, 향후 항공기용 엔진, 마이크로 가스터빈 등 국내 수요의 증가와 관련 기술 및 제품의 수출을 대비하기 위해서는, 이 분야의 기술개발 및 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 본 연감에서는 가스 터빈 및 증기 터빈에 관련된 연구를 주로 검토하였으며, 시스템의 성능 해석, 시험 그리고 개발에 관련된 내용도 포함하였다. 그리고 참고 문헌은 논문집에 게재된 것과 각종 학술대회에 발표된 내용을 가능하면 구분하였다. 그 이유는 최신 연구 동향은 학술대회에 우선 발표되고, 추후에 그 내용이 다시 논문집에 게재되는 것이 통상적인 방법이기 때문이다. 즉 이전에 학술대회 등에서 발표된 내용이 2001년 논문집에 게재되었을 것이고, 또 2001년에 학술대회 등에서 발표된 내용이 추후 논문집에 다시 소개될 가능성이 있다. 가능한 가스/스팀 터빈에 관련된 모든 논문을 수집 정리하도록 노력하였으나, 간혹 매우 중요한 연구 결과가 누락되었을 가능성을 배제할 수가 없을 것이다. 특히 가스터빈 시스템을 구성하는 단품 중에서 압축기와 팬은 다른 분야에서 다루어졌지만, 연소기 또는 연소현상에 대한 연구는 여기서도 다

루어지지 못하였다. 따라서 본 연감에 소개된 것이 관련된 연구를 완벽하게 다루지 못할 수도 있음을 미리 밝혀 둔다.

이번 연감에서는 주로 가스터빈에 대해서는 유동장 해석, 열전달 해석, 그리고 냉각 방법(막냉각, 층돌계트, 내부관 냉각)으로 분류하였고, 스팀 터빈 및 복합 화력 발전에 관련된 내용을 별도로 분류하였다. 그리고 엔진의 개발 및 성능 해석은 비록 수는 적기는 하지만 전체적인 시스템에 대한 연구 동향을 파악할 수 있도록 역시 별도로 분리하여 정리하였다.

### 2. 유동장 해석

가스 터빈 내부에서의 유동장에 대한 해석은 손실 저감에 의한 효율 증대 방안을 강구하고, 나아가서는 내부에서 일어나는 복잡한 열전달 현상을 이해하는데 기초가 된다. 따라서 그 동안 국내에서도 3차원 유동에 대한 전산해석 및 실험이 많이 수행되어왔는데, 2001년에는 정익과 동익의 상호작용에 의한 비정상 유동에 대한 연구가 주로 발표되었다. 1단 고속 축류 터빈에서 포텐셜 상호 작용과 후류 상호 작용에 의해 발생하는 비정상 유동에 대한 2차원 수치해석<sup>(1)</sup>과, 2차원 터빈 익렬에서 맥동을 가지는 비정상 후류가 유동 및 열전달에 미치는 영향에 관한 실험적 연구<sup>(2)</sup>가 수행되었다. 가스터빈의 실제 운전상황에 대한 실험 및 해석에는 어려움이 있지만, 가능하면 그것에 접근한 여건에서의 결과를 얻기 위한 노력이 증대되고 있다.

### 3. 열전달 해석

2001년 가스터빈에 관련된 연구분야에서는 시스템 및 단품의 내구성에 영향을 주는 열전달에 관한 연구가 좀 더 활발하게 진행된 경향이 있다. 우선 논문집에 게재된 내용으로는, 실제 가스터빈에서 경계층의 와류가 주유동의 맥동이 있을 때 벽면 열전달에 어떠

\* 고려대학교 기계공학과  
E-mail : jchung@korea.ac.kr

한 영향을 미치는지를, 블레이드 표면을 모사하는 평면에 열전달을 이용하여 측정된 실험적 연구<sup>(3)</sup>가 있었고, 선형 캐스케이드에 나프탈렌 승화법을 이용한 연구로서는, 산업용 가스터빈의 제1단 동익 끝벽에서 열전달계수 분포를 구한 연구<sup>(4)</sup>와 블레이드 말단과 슈라우드 사이의 말단 간극 변화시 슈라우드에서의 국부적인 열(물질)전달 특성을 고찰한 것<sup>(5)</sup>이 게재되었다.

한편 학술대회에서는 열전달 해석에 관하여 더욱 활발한 연구가 소개되었는데, 나프탈렌 승화법을 이용하여 터빈 익렬 끝벽과 블레이드 표면에서의 열전달계수를 측정된 것<sup>(6),(7)</sup>과, 박막 히터와 액정을 이용하여 후류가 블레이드 표면과 끝벽에서의 열전달 현상에 미치는 영향을 고려한 것<sup>(8)</sup>과 끝벽에서의 입구경계층 두께가 열전달 특성에 미치는 영향을 고찰한 것<sup>(9)</sup>이 있다. 또한 터빈 입구 온도가 1300℃ 급인 발전용 가스터빈의 1단 동익의 냉각유로 열전달 설계를 위하여 외부 열전달계수, 요철, 굴곡이 있는 유로 등에 대한 열전달 및 압력손실을 고려한 유로망 해석 및 절차 등을 확립한 연구<sup>(10)</sup>가 발표되었다. 터빈 내부의 열전달 현상은 전산해석으로는 정확한 해석이 어렵기 때문에 주로 나프탈렌 또는 액정을 이용한 실험적 연구가 주종을 이루고 있다.

#### 4. 내부관 냉각

가스터빈의 성능을 향상시키기 위해서는 터빈 입구 온도를 높여야 하나, 이는 재질의 한계 온도에 의해 제한을 받기 때문에 적절한 냉각이 필요하다는 것은 주지의 사실이다. 그 방식에는 크게 분류하여, 블레이드 내부에서의 냉각공기의 흐름에 의한 대류냉각, 열전달량을 증가시키기 위한 방법중의 하나인 충돌제트에 의한 냉각, 그리고 보다 적극적인 냉각방법인 막냉각이 있다. 먼저 내부관 냉각의 경우에는 냉각공기의 유량을 최적화하기 위한 초기단계로서, 간략한 1차원 모델에 의해 블레이드에 의한 열전달을 해석하여 냉각 공기 유량이 블레이드 경계조건에 따라 어떻게 변화하는지 고찰한 것<sup>(11)</sup>과, 나프탈렌 승화법을 이용하여, 블레이드 내부유로를 모사한 180° 곡관부를 갖는 회전하는 덕트내에서의 열전달 특성,<sup>(12)</sup> 그리고 열전달을 향상시키기 위해 유로내에 설치된 요철의 단락위치 변화에 따른 열전달 및 압력강하 특성을 연구한 것<sup>(13)</sup> 등이 논문집에 게재되었다.

학술대회에서도 이와 유사한 연구 내용들이 발표

었는데, 즉 경계 조건 변화에 따른 냉각공기 유량의 변화를 고찰한 것<sup>(14)</sup>과, 냉각 유로상에 설치된 요철의 형상 및 단락 위치가 열/물질 전달에 미치는 영향을 고찰한 것<sup>(15)~(17)</sup>으로 대표된다. 이러한 연구들은 열부하를 고려한 블레이드의 설계를 위해 꼭 필요한 내용들이라 할 수 있다.

#### 5. 충돌제트 냉각

충돌제트에 의한 냉각은 가스터빈 뿐만 아니라, 전자부품의 냉각 및 박막액정표시장치의 제조 등 그 응용분야가 넓기 때문에 좀 더 활발한 연구가 진행되었다. 일반적인 충돌제트에 관한 연구로는, 원형충돌제트에 다공질관을 삽입하거나 사다리형 로드를 배열하여 열전달을 증진시키는 방안에 관한 것<sup>(18),(19)</sup>과, 맥동이 존재하는 충돌제트에 대해 유동가시화, 유동장 측정 및 열전달 실험을 한 것<sup>(20)</sup>이 있다. 좀 더 실질적으로 터빈블레이드의 냉각에 활용할 수 있는 연구로는 나프탈렌 승화법을 이용하여, 제트 분사관에 유출홀을 설치하였을 경우 충돌면에서의 국소 열전달 특성을 고찰한 연구<sup>(21)</sup>가 발표되었다.

학술대회에서는 위에서 살펴본 논문집에 게재된 내용을 바탕으로 하여 각종 변수의 영향을 고찰한 연구가 많았는데, 분사관의 홀 배열을 변화시키거나,<sup>(22)</sup> 슬롯제트의 노즐 간격을 변화시킨 경우,<sup>(23)</sup> 그리고 슬롯형 제트와 원형 제트의 열전달 효과를 비교한 것<sup>(24)</sup>등이 이에 해당한다. 한편 원통형의 Pedestal이 부착된 칩에 원형 충돌제트가 분사된 경우 국소 열전달 계수를 측정된 경우,<sup>(25)</sup> 그리고 냉각되는 면에서의 국소적인 열전달 특징을 관찰하기 위해 새로운 시험부를 제시한 연구<sup>(26)</sup> 등이 새롭게 발표되었다. 충돌제트에 대한 연구는 그 유체역학적 특징 때문에 오랜 기간동안 계속되어 왔는데, 최근에는 응용분야에 적합한 조건과 형상에 대해 보다 실질적인 연구가 발표되고 있다.

#### 6. 막냉각

국내외적으로 지속적인 연구가 진행되어온 막냉각 분야에서는 지금까지의 연구의 연속으로 분사홀의 형상 또는 분사각, 또는 배열 변화에 대한 냉각 성능을 고찰하는 실험적 연구들<sup>(27)~(29)</sup>이 논문집에 소개되었다. 학술대회에서도 적정 분사비와 분사각도 또는 냉각 슬롯출구 상류면의 위치 변화에 의한 특성을 수치해석한

내용<sup>(30),(31)</sup>과, 기존의 막냉각 연구에서 크게 고려되지 않았던 막냉각을 내부에서의 열전달 및 유동 특성에 관한 연구<sup>(32)</sup>가 발표되었다.

## 7. 성능 해석 및 평가와 엔진 개발

가스 터빈 시스템의 성능 해석에 관한 연구는 중형 항공기의 터보 팬 엔진에 대한 정상 및 과도 성능 해석에 관한 연구<sup>(33)</sup>와, 터빈 입구 온도 저감에 따라 익형을 보호하고 터빈 출구에서의 배기가스 온도를 조절하는 목적으로 증기가 분사된 축류 터빈의 성능해석에 관한 연구<sup>(34)</sup>가 보고되었다. 또한 대형 발전용 가스터빈의 부분 부하 운전에 대한 성능특성을 엑서지 개념을 이용하여 해석한 연구<sup>(35)</sup>와 실제 상황을 좀 더 가깝게 모사할 수 있는 회전 터빈 실험 장치를 구축하여 터빈의 공력 성능을 평가한 연구<sup>(36)</sup>가 발표되었다. 또한 고공환경 성능시험의 측정변수인 공기유량과 순추력에 대한 오차 분석을 통하여 시험설비와 시험방법 등을 수정함으로써 측정 불확도를 개선한 내용<sup>(37)</sup>이 소개되었으며, 20lb 급 초소형 가스터빈 엔진의 성능 시험을 수행하여 무인기(UAV) 개발의 기반을 조성할 수 있는 연구<sup>(38)</sup>도 소개되었다. 그리고 엔진 개발에 대한 향후 전망으로써, 비행고도 3000 m 이하, 비행거리 10~0 km, 비행시간 2~4시간인 소형 UAV용 가스터빈 엔진의 개발에 대한 특집 기사<sup>(39)</sup>도 있었다.

## 8. 스팀 터빈 및 복합 화력 발전

가스터빈에 비하여 스팀터빈에 관한 연구는 2001년도에는 많지 않은 편이다. 주로 학술대회에 그 연구 동향이 발표되었는데, 두 대의 100 MW급 발전설비의 중저온 배열을 회수하기 위하여 1 MW급 유기 랭킨사이클 시스템을 설계하고 시운전한 사례<sup>(40)</sup>와, 증기터빈의 축밀봉장치를 가변간극형 패킹으로 변경하여 터빈 성능시험 결과 그 효율이 향상된 사례<sup>(41)</sup>가 보고되었다. 전산해석코드를 이용한 설계방법으로는 유선곡률 관통유동해석 코드에 hybrid 최적화 패키지를 접목시켜 기존 다단 축류 증기터빈 유로를 재설계하여 향후 고효율 터빈 개발에 기여하게 될 연구<sup>(42)</sup>도 발표되었다. 위에서 보듯이 스팀터빈의 경우에는 터빈 내부 유동 및 열전달에 관한 연구보다는 시스템 전체에 대한 해석과 성능 개선 사례에 대한 보고가 주를 이루었다.

한편 복합발전 및 열병합 발전에 관한 연구로는 시

스템의 기초 설계 기술부분인 설계점의 사이클 해석과 시스템 시뮬레이션 및 성능특성분석, 시스템의 최적화를 위한 열병합 발전시스템의 열정산 프로그램을 개발하여 성능개선을 위한 주요 설계변수들을 선정한 연구<sup>(43)</sup>와 복합화력발전 시스템에서 삼중압 열회수 증기발생기를 기본 구성요소로 하는 발전 시스템의 최적설계 해석에 관한 연구<sup>(44)</sup> 그리고 복합화력발전 하부시스템 설계시 필요한 다양한 파라메트릭 해석에 활용 가능한 계산 프로그램을 개발한 연구<sup>(45)</sup>가 발표되었다.

## 9. 결론

위에서 살펴본 것처럼 가스/스팀 분야에서도 다른 분야와 마찬가지로 다양한 내용의 연구가 진행되고 발표되었다. 가스터빈의 경우에는 다양한 블레이드의 냉각방식을 포함한 터빈의 열전달에 관련된 연구가 활발하게 진행되었고, 그 연구 방법 및 결과가 한 단계 발전한 것으로 보여진다. 상대적으로 스팀터빈에 관한 연구는 수적으로 열세였는데 앞으로는 관련 산업체의 연구개발 및 성능 개선 사례가 많이 보고되기를 기대한다. 반면에 발전 시스템 전체 또는 복합화력 발전 시스템에 관한 연구가 점차 확대되는 특징을 보여 주고 있다. 앞으로는 발전을 비롯한 산업용 가스터빈은 물론이고 항공기용, 또는 열병합 발전을 위한 마이크로 가스터빈 등 새로운 엔진 개발에 관심이 증대되고, 따라서 관련 연구가 많이 발표되리라 예상된다.

## 참고문헌

### 유동장 해석

- (1) 박준영, 엄인식, 백제현, 2001, "1단 축류 터빈의 비정상 내부유동특성에 관한 2차원 해석" 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 11, pp. 1518~1526.
- (2) 윤순현, 심재경, 김동건, 2001, "비정상 후류가 선형 터빈익들의 유동 및 열전달에 미치는 영향에 관한 연구" 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 2, pp. 164~170.

### 열전달 해석

- (3) 강새별, 맹두진, 이준식, 2001, "주유동 맥동과 경계층 와류의 상호작용이 벽면 열전달에 미치는 영향" 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 3, pp. 381~388.
- (4) 이상우, 전상배, 박병규, 2001, "나프탈렌승화법을

이용한 터빈 익렬 끝벽에서의 열(물질)전달계수 측정” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 3, pp. 356~365.

- (5) 이동호, 최중현, 조형희, 2001, “터빈 블레이드 말단과 슈라우드 사이의 간극변화에 따른 슈라우드에서의 열/물질전달 특성” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 3, pp. 414~421.
- (6) 이상우, 전성배, 박병규, 2001, “연소기 출구 난류 상태에서의 터빈 익렬 끝벽 열(물질) 전달 특성” 대한기계학회 춘계학술대회논문집D, pp. 759~764.
- (7) 이상우, 권현구, 박병규, 2001, “4-축 나프탈렌 승화 깊이 측정시스템을 이용한 터빈 블레이드 표면에서의 열(물질)전달계수 측정” 대한기계학회 추계학술대회논문집B, pp. 42~47.
- (8) 민흥기, 정진택, 2001, “후류의 영향을 고려한 터빈 캐스케이드내 열전달 현상에 대한 실험적 연구” 대한기계학회 추계학술대회논문집B, pp. 36~41.
- (9) 정지선, 정진택, 2001, “입구경계층 두께와 경계층 펜스가 터빈 캐스케이드내 열전달 특성에 미치는 영향” 대한기계학회 춘계학술대회논문집D, pp. 765~770.
- (10) 홍용주, 최범석, 박병규, 윤의수, 2001, “발전용 가스터빈 1단 동익 열전달 해석” 대한기계학회 추계학술대회논문집B, pp. 30~35.

#### 내부관 냉각

- (11) 신지영, 박병규, 2001, “경계조건에 따른 가스터빈 블레이드 냉각공기 유량변화” 설비공학 논문집, Vol. 13, No. 9, pp. 888~894.
- (12) 원정호, 이세영, 조형희, 2001, “180° 곡관부를 가지는 회전 덕트에서의 열/물질전달 특성” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 3, pp. 405~413.
- (13) 이세영, 최청, 이동호, 조형희, 2001, “덕트내 요철의 단락위치 변화에 따른 열/물질전달 및 압력강하 특성” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 11, pp. 1640~1649.
- (14) 신지영, 박병규, 2001, “경계 조건이 가스터빈 블레이드 냉각공기 유량에 미치는 영향” 대한기계학회 춘계학술대회논문집D, pp. 559~564.
- (15) 우성제, 이세영, 조형희, 2001, “가스 터빈 블레이드 냉각 성능 향상을 위한 경사 요철의 단락 효과” 대한기계학회 춘계학술대회논문집D, pp. 782~789.
- (16) 조형희, 이세영, 2001, “회전하는 터빈 블레이드

이차유로내 요철 배열이 열/물질전달에 미치는 영향” 대한기계학회 추계학술대회논문집B, pp. 22~29.

- (17) 최청, 이동호, 조형희, 2001, “췌기형 요철이 설치된 사각덕트에서의 열전달 및 압력강하 특성” 대한기계학회 추계학술대회논문집B, pp. 280~287.

#### 충돌제트 냉각

- (18) 김윤택, 이영민, 원세열, 이대회, 2001, “원형충돌제트의 다공질관에 의한 열전달 향상” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 4, pp. 475~484.
- (19) 임태수, 금성민, 이창인, 2001, “2차원 충돌 분류계에서 사다리형 로드 배열에 의한 열전달 촉진 효과” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 11, pp. 1659~1666.
- (20) 이은현, 이성혁, 이준식, 2001, “충돌제트의 유동 및 열전달 특성에 미치는 맥동의 영향” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 12, pp. 1869~1878.
- (21) 이동호, 윤필현, 조형희, 2001, “유출홀이 설치된 배열 충돌제트의 유동 및 열전달 특성” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 11, pp. 1606~1615.
- (22) 이동호, 최중현, 조형희, 2001, “충돌제트/유출냉각기법에서 분사관의 홀 배열이 열전달에 미치는 영향” 대한기계학회 춘계학술대회논문집D, pp. 489~496.
- (23) 홍성호, 박시우, 고완육, 정인기, 2001, “배열 슬롯제트의 노즐 간격 변화에 따른 충돌면에서의 열전달 특성” 대한기계학회 춘계학술대회논문집D, pp. 534~539.
- (24) 윤순현, 김대성, 김희현, 2001, “벽면에 충돌하는 슬롯형 제트와 원형 제트의 열전달 효과 비교” 대한기계학회 춘계학술대회논문집D, pp. 540~545.
- (25) 이대회, 정영석, 정승훈, 이준식, 2001, “원형 충돌제트를 이용한 Pedestal 형상의 핀이 부착된 Chip 냉각” 대한기계학회 춘계학술대회논문집D, pp. 546~552.
- (26) 정원석, 전상욱, 이준식, 2001, “평판에 분사된 분무충돌제트의 냉각특성에 대한 실험적 연구” 대한기계학회 춘계학술대회논문집D, pp. 528~533.

#### 막냉각

- (27) 권동구, 김윤제, 2001, “분사홀 형상과 분사각 변화가 터빈블레이드 선단 막냉각 특성에 미치는 영향” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 7, pp.

933~943.

- (28) 안준, 정인성, 이준식, 2001, “반대방향의 방향각을 갖는 2열 분사구조의 막냉각 특성 (I) -배열의 영향” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 8, pp. 1122~1130.
- (29) 안준, 정인성, 이준식, 2001, “반대방향의 방향각을 갖는 2열 분사구조의 막냉각 특성 (II) -분사비의 영향” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 8, pp. 1131~1139.
- (30) 손창호, 이근식, 원영호, 노석만, 이종천, 2001, “2차원 막냉각의 적정 분사비와 분사각도의 조합에 관한 연구” 대한기계학회 추계학술대회논문집D, pp. 553~558.
- (31) 이근식, 손창호, 노석만, 2001, “슬롯출구 상류면의 상승과 하강에 따른 막냉각 특성” 대한기계학회 추계학술대회논문집D, pp. 377~381.
- (32) 이동호, 강승구, 조형희, 2001, “비대칭 입구조건을 갖는 정사각 막냉각홀 내부에서의 열/물질전달 및 유동 특성” 대한기계학회 추계학술대회논문집B, pp. 14~21.

#### 성능 해석 및 평가와 엔진 개발

- (33) Chang Duk Kong, Jayoung Ki and Suk Chou Chung, 2001, “Performance Analysis, Real Time Simulation and Control of Medium-Scale Commercial Aircraft Engine”, KSME Int. Journal, Vol. 15, No. 6, pp. 776~787.
- (34) 조수용, 김수용, 2001, “증기가 분사된 축류형 터빈의 성능해석에 관한 연구” 유체기계저널, Vol. 4, No. 4, pp. 28~36.
- (35) 송태원, 손정락, 김재환, 노승탁, 김동섭, 2001, “역서지를 이용한 대형 발전용 가스터빈의 부분 부하 성능 분석” 대한기계학회 추계학술대회논문집D, pp. 751~758.
- (36) 윤용상, 송성진, 김홍원, 조성희, 2001, “회전 환경에서의 축류 터빈 성능평가” 유체기계저널, Vol. 4, No. 3, pp. 46~52.
- (37) 전용민, 윤민수, 양인영, 양수석, 2001, “가스터빈 엔진 고공성능시험설비의 측정불확도 개선” 대한기계학회 추계학술대회논문집D, pp. 777~781.
- (38) 신영기, 김종문, 2001, “초소형 가스터빈 엔진 성능시험” 대한기계학회 추계학술대회논문집B, pp. 788~793.
- (39) 김승우, 2001, “소형 UAV 용 가스터빈엔진의 현황 및 향후 개발 방향” 유체기계저널, Vol. 4, No. 1, pp. 58~62.

#### 스팀 터빈 및 복합 발전

- (40) 조한창, 박홍수, 이용국, 2001, “산업배열회수용 1MW급 유기 랭킨사이클 시스템 개발” 대한기계학회 추계학술대회논문집B, pp. 776~781.
- (41) 서정세, 권영수, 2001, “화력발전소의 축밀봉장치의 개선을 통한 터빈효율의 평가에 관한 연구” 대한기계학회 추계학술대회논문집D, pp. 715~720.
- (42) 임홍식, 김영상, 조상현, 권기범, 2001, “최적화 기법을 이용한 대형 증기터빈 유로설계” 대한기계학회 추계학술대회논문집D, pp. 771~781.
- (43) 이동원, 오명도, 이재현, 조영진, 2001, “열병합 발전플랜트의 열성능 해석” 대한기계학회논문집B, Vol. 25, No. 4, pp. 451~460.
- (44) 전용준, 신희태, 이봉렬, 김동섭, 노승탁, 2001, “복합화력 발전플랜트의 근사 최적 열설계 해석” 대한기계학회 추계학술대회논문집B, pp. 782~787.
- (45) 김동섭, 노승탁, 이봉렬, 신희태, 전용준, 2001, “복합화력발전 하부시스템의 성능설계해석” 대한기계학회 추계학술대회논문집D, pp. 738~743.