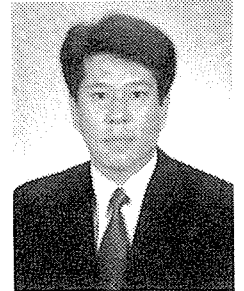


폐열을 이용한 축열식 폐기열회수기의 개발 The Energy Saving System of the Heat Accumulation Type



재열엔지니어링(주)
대표이사 김 덕 동
T:(051) 292 - 4004(대)

에너지는 주민 생활과 산업 활동에 필수적인 동력원으로써 에너지의 수급과 효율적인 이용은 국가경제의 기간을 좌우한다고 할 수 있다. 에너지 자원을 개발 및 공급하기 위해서는 대규모의 설비투자가 필요하고 투자 회수 기간이 장기간 소요되며 효과면에서도 장기간 지속적으로 계속되어야 한다. 에너지의 효율적 이용을 위해서는 에너지 저소비형기기 개발이라든지 대체에너지 기술 개발 혹은 낭비되는 에너지를 수집, 재활용하는 방법 등이 있을 것이며 소비 구조도 다양하여 관련 부문과 연계되는 것에 효율적인 방법으로 적용 운용할 필요가 있다.

이를 위해서 정부에서는 국가 에너지 절약형 경제로 구축하고 선진국형 에너지 수급 구조로 전환하여 에너지 절약을 통한 기후 변화 협약 등 국제 환경 규제에 대비한 환경오염 감축 등에 기본 목표를 두고 있다. 즉 국가 정책 전반에 걸쳐 에너지절약 목표에 총력을 다하고 있다고 할 수 있다. 에너지절약 기기와 고효율 에너지설비지원자금도 매년 그 규모가 늘어나는 적극성을 보이고 있다.

1. 에너지 절약 및 대체 에너지 개발

에너지 절약 부문에는 그 규모의 잠재량이 너무 크기 때문에 전략 기술을 중심으로 개발 목표를 설정하여 추진돼야 하며 개발된 기술

은 실용화하여 보급 확대를 정책적으로 시행할 필요가 절실하다. 이를 위해서는 민간부문에 앞서 공공부문부터 에너지 절약을 선도해 나가도록 의무사용 제도를 시행하며 활성화하도록 해야 할 것이다.

- 에너지 절약 분야 : 고효율 에너지 기자재의 확대 보급이 중요한 에너지과제라 할 수 있다. 이를 위해 정부에서는 96년 12월 고효율 에너지 기자재 시용 권고에 관한 규정을 제정하여 효율이 높고 에너지 절약 효과가 우수한 제품에 대하여 고효율 에너지 기자재 인증 품목으로 지정하여 준다. 여기에는 절전형 조명 기기, 저소비형 운송장비, 폐기열회수기기 등을 들 수 있으며 이것 대부분은 현재 인지도가 낮은 것이고 가격이 다소 비싸다는 점이 있어 널리 보급이 되지 못한 것이 현실로 관계 부처의 적극적인 지원과 홍보가 필요하다.

- 대체 에너지 분야 : 우리 현실은 총 에너지 소비량의 97.5%를 수입에 의존하는 등 세계 10위의 에너지 소비국으로 화석에너지가 큰 부분을 차

지하고 있어 세계 11위의 온실 가스 배출국으로 국제 사회에서 응분의 역할 분담 차원에서 자발적으로 온실 가스 절감 노력을 강화해 나가야 하고 대기 환경을 개선해야 할 것이다. 온실 가스 배출량의 90% 이상을 차지하고 있는 에너지 산업 부문에서는 에너지 절약 및 이용 효율 향상 노력을 강화하고 대체 에너지 개발 등 에너지 기술개발 노력도 강화해야겠다.

대체 에너지 개발 분야는 우리가 먼저 생각되는 태양열 이용 에너지화로서 태양광 발전 시설 또는 태양열 이용 온수장치 등을 들 수 있고 풍력을 이용한 발전 시설 수력을 이용한 부문 또는 제조 생산의 부산물을 이용한 메탄 시설 기타 등을 이용할 수 있을 것이나 이러한 시설을 만들 때 초기 투자비용에 부담이 큰 반면 투자비에 대한 효율 면에서 적기 때문에 장기간 지속적으로 운용하여 투자비 회수가 장시간 소요되는 면이 있으나 대기 환경 등을 염두에 둘 때 이 분야는 정부 차원에서 적극적인 기술 개발이 필요하다.

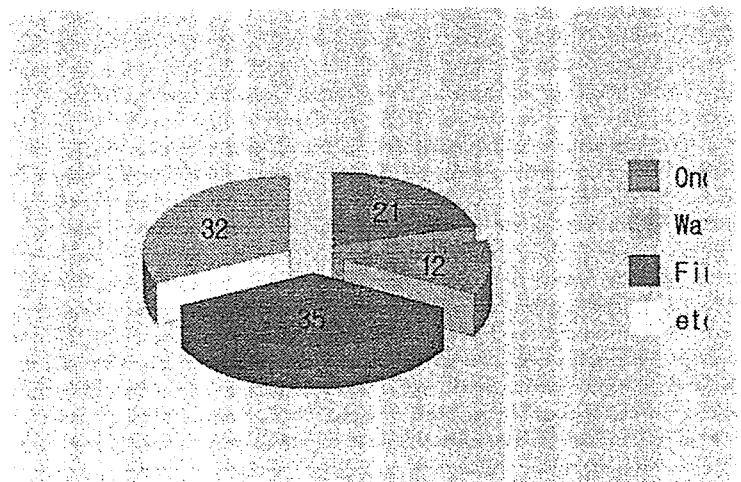
2. 국내의 보일러 사용현황

기본사항은 종류, 연료, 용도, 용량에 따른 보일러의 사용현황이었으며 이는 보일러의 자동제어 시스템과 에너지관리 시스템의 구성요소가 보일러의 종류, 연료, 용도, 용량에 따라 달라진다는 원칙에서 비롯되었다.

1) 종류별 보일러 현황

그림 1은 1990년에 보일러의 종류별 현황을 나타낸 것이다. 총 보일러 33,461대중에서 노통

연관식보일러가 35%(11,611대)로 가장 많이 사용되며, 그 다음으로는 관류식보일러(21%, 7,091대), 수관식보일러(12%, 4,031대)가 많이 사용된다. 그 외의 기타 보일러는 32%(10,722대)이다. 이 수를 용량에 따라 분류한 것이 표 1이다. 이 표에 의하면 1.5ton/hr이하에서는 관류식 보일러(Once through boiler), 1~10ton/hr에서는 노통연관식보일러(Fire tube and flue boiler)와 수관식보일러(Water tube boiler), 10ton/hr이상에서는 수관식보일러가 가장 많이 사용된다. 즉, 노통연관식보일러와 관류식보일러는 소용량보일러에서, 수관식보일러는 중.대용량보일러에 적합한 것을 알 수 있다. 따라서, 보일러의 자동제어 시스템 및 에너지관리 시스템의 개발은 노통연관식, 수관식, 관류식보일러에 중점을 두어야 하며 특히 소용량보일러에서는 노통연관식 및 관류식보일러, 중.대용량보일러에서는 수관식보일러에 중점을 두어야 한다.



Once through(7,091)

Water tube(4,031)

Fire tube and flue(11,611)

etc(10,722)

[그림 1] 보일러의 종류별 대구성비

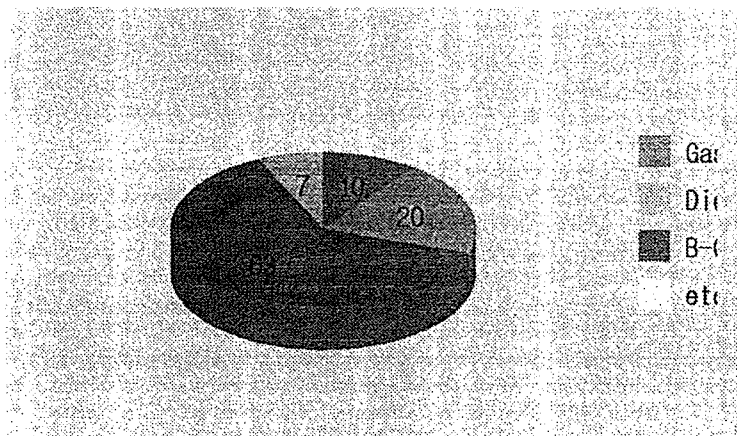
	연	연	연	연	수	수	주	주	관	소용	직립	열매	폐	온	기	합계
	은	은	은	은	관	은	철	은	류	량	형	체	열	수	타	
0.5이하	104	33	12	8	24	10	39	16	295	3282	475	96	5	56	11	4466
0.5이상	527	504	21	264	70	380	1043	209	2298	68	307	177	9	156	38	6071
1.0이상	1497	114	28	2	239	7	645	38	1988	7	3	208	14	0	28	4818
1.5이상	1597	53	27	0	371	0	298	14	2464	6	6	169	15	0	22	5024
2.0이상	1980	41	34	1	402	3	117	4	7	0	1	82	18	1	17	2711
2.5이상	672	34	11	0	179	0	54	0	17	0	15	103	5	0	4	1094
3.0이상	1676	54	29	3	478	0	80	6	3	1	0	52	17	0	15	2414
3.5이상	243	3	3	0	41	0	1	0	2	0	0	9	4	0	1	307
4.0이상	738	32	9	4	265	1	0	1	2	0	0	17	3	0	4	1076
4.5이상	87	5	0	1	22	0	0	0	1	0	0	4	1	0	0	121
5.0이상	1083	153	21	7	393	3	1	0	1	1	0	26	14	0	10	1713
6.0이상	454	68	15	0	147	0	0	0	2	2	1	5	3	0	4	701
7.0이상	266	130	3	4	90	0	0	0	3	1	0	5	6	0	0	508
8.0이상	278	212	5	1	150	2	0	0	1	0	0	7	6	0	2	664
10이상	383	62	8	1	355	5	0	0	3	2	0	5	5	0	4	833
15이상	38	6	0	0	286	10	0	0	2	0	0	2	4	0	0	348
20이상	4	1	0	0	247	22	0	0	1	0	0	10	8	0	0	293
30이상	0	0	0	0	121	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	126
40이상	1	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	65
60이상	1	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	24
80이상	0	0	0	0	23	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	24
100이상	0	1	0	0	50	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	60
합 계	11611	1509	226	296	4031	443	2278	288	7091	3370	808	979	158	213	160	33461
비 율	34.70	4.51	0.68	0.88	12.05	1.32	6.31	0.86	21.19	10.07	2.41	2.93	2.93	0.64	0.43	100.0

[표 1] 보일러의 종류별 현황

2) 연료별 보일러 현황

그림 2는 국내 보일러에서 사용되는 연료를 나타내고 있다. 사용되는 연료는 B-C유(병커-C유,63%, 21166대), 디젤유(20%,6616대), 가스

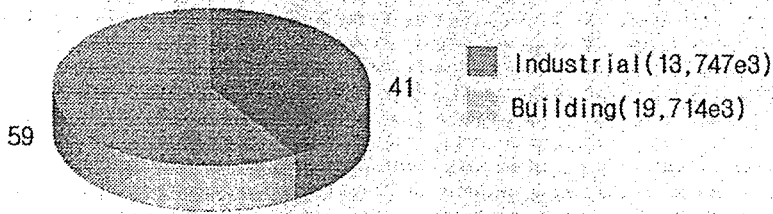
(10%. 3360대) 등이며 가장 많이 사용하는 연료는 B-C유 외에도 디젤유, B-A, B-B유 등을 고려하면 산업용 및 건물용 전체보일러의 86%가 액체연료를 사용한다는 것을 알 수 있다.



[그림 2] 사용 연료별 보일러대수 구성비

3) 용도별 보일러 현황

국내에서 사용되는 보일러는 크게 산업용과 건물용으로 나누어질 수 있다. 그림 3은 1990년에 산업용보일러와 건물용 보일러의 비율을 나타낸 것으로 건물용 보일러가 산업용보일러보다 약 6000여대 많은 것으로 나타났다.

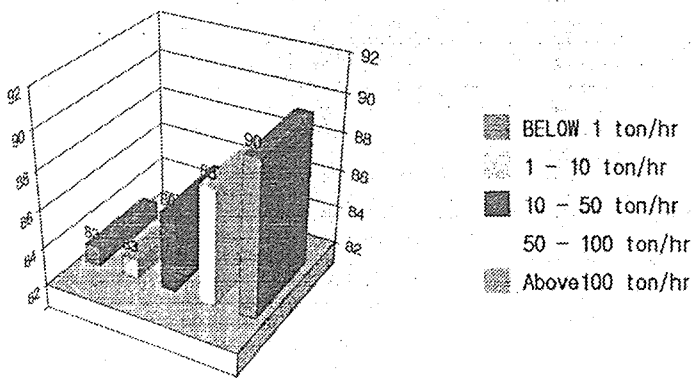


[그림 3] 건물용 및 산업용 보일러의 대수 구성비

3. 조업에서의 에너지 낭비요소 및 문제점

에너지관리공단에서 조사했던 보일러의 평균효율과 기존에 연구, 보고된 보고서를 기초로 하여 용량별 효율의 현황을 살펴보면 다음과 같다.

1) 용량별 보일러 효율 현황



[그림 4] 열관리지정업체의 용량별 평균 효율

그림 4는 열관리지정업체의 용량별 평균 효율을 나타낸 것이다. 효율은 83%~90%의 범위에 있으며 소용량인 10톤 이하의 보일러의 효율은 83%이고 10~50톤의 용량을 가진 보일러는 86%, 50~100톤 용량의 보일러는 평균 효율이 89%이며 100톤 이상의 대용량 보일러는 90%로 나타났다. 즉 대용량일수록 효율이 높으며 소용량일수록 효율이 낮다. 이것은 현재 국내 보일러의 효율이 용량과 밀접한 관계가 있음을 나타내는 것이다.

① 폐열회수

석유화학, 화학, 제철장치 등에서는 원료반응과 폐기물의 연소 등에서 나오는 열을 이용하는 보일러가 많이 있다. 이런 보일러들은 기동 또는 화염의 소화 방지를 위해 보조 연료의 공급이 필요하다.

반응장치를 나오는 생산물의 현열을 폐열보일러에서 회수할 수 있다. 이러한 에너지는 보일러의 연료 및 공급수를 예열하기 위해 사용되지만 폐열보일러는 동온상태에서 운전되기 때문에 우수한 온도조절의 이점을 가지고 있다.

폐열의 근원이 무엇이든 간에 이들의 이용 가능성은 공정의 운전 조건에 좌우된다. 즉 열은 공정의 운전 상태를 조절하기 위해 생기는 것이다. 폐열은 원할 때마다 얻어질 수 있는 것이 아니므로 증기압 제어장치는 폐열을 이용할 수 있을 때 받아들이고 폐열이 없어도 가동에 지장이 없어야 한다.

폐열의 양이 많은 회분식공정 (Batch Process)에서는 특별한 어려움이 있다. 공정이 기동하기 전에 온도를 올리기 위해 보조연료의 공급이 필요하다. 일단 반응이 시작되면 폐열 회수 보일러가 가동하기 시작하고 보조 보일러는 동작을 중

지할 수 있다. 이때 불가피하게 필요 이상의 열이 생성되게 된다. 반응이 끝나면 열의 이용 가능성도 필요성도 없어지게 된다. 보통 이러한 회분식 공정은 병렬로 움직이게 되므로 보조보일러에서 연료를 사용하는 양이 최소가 되도록 계획해야 하고 폐열은 다른 장치를 위해 사용할 수 있어야 한다. 폐열 보일러는 공정의 조거나 바뀔에 따라 압력이 바뀐다. 따라서 증기압 조절 시스템에 이를 고려한 제어가 추가되어야 한다.

② 보일러의 효율 계산

병렬보일러의 최적화를 위해서는 조건의 변화에 따라 각 보일러의 효율을 결정할 필요가 있다. 보일러의 열손실은 대부분 굴뚝을 통해 일어난다. 열손실의 주 원인은 불완전연소와 현열이다. 연소 제어는 불완전연소량이 최소가 되도록 제어해야 한다. 연료와 공급되는 공기의 속도가 낮으면 혼합이 잘 이루어지지 않는다. 그러므로 부하가 적을 때는 과잉 공기 공급량이 증가해야 한다. 따라서 연소가스로 손실되는 열이 증가하게 된다. 이러한 이유 때문에 적은 부하에서 보일러의 효율은 낮다. 그러므로 보일러의 효율 계산을 통해 열손실이 최소가 되도록 부하를 분담하게 해야 한다.

③ 병렬보일러 제어 시스템

여러 개의 보일러에서 같은 증기 헤더에 증기를 공급할 때 증기압 제어를 위해 여러 개의 보일러를 조합하여 사용해야 한다. 이 경우 어떤 보일러들을 이용하여 증기압을 제어할지에 대한 의사결정 문제가 포함된다. 제어 시스템은 다음과 같은 특징을 갖추어야 한다.

- 부하분담을 운전자가 조정가능해야 한다.
- 잘못되는 제어동작을 운전, 조정할 수 있어야 한다.
- 가동중인 보일러의 수에 관계없이 균일하게 제어되어야 한다.

④ 효율의 극대화

여러 대의 보일러가 증기를 생성하고 있을 때 효율적인 보일러들에게 부하 분담을 많이 지우는 것이 전체의 효율을 증가시키는 방법일 것이다. 각 보일러의 효율을 컴퓨터에 의해 실시간대로 계산한다면 이러한 전략을 적용할 수 있다. 즉 부하가 증가하면 효율이 가장 증가하는 보일러의 연료의 연소 사용량을 늘리고 부하가 감소하던 가장 효율이 덜 감소하는 보일러의 연료사용량을 감소시키는 것이 좋다. 그러므로 보일러들은 부하량에 따라 효율적인 상태에서 운전하게 된다. 효율이 낮은 보일러들은 다른 보일러들이 한계에 다다랐거나 수동으로 운전하고 있을 때만 부하 분담을 늘리도록 해야 한다.

4. 축열식 폐기열회수기

한마디로 폐기열 에너지 절약 기기로써 보일러 연도로 낭비되는 폐열을 재 수집하여 사용하는 온수가열장치이다. 종래의 폐기열회수기의 여러 문제점을 해결하여 실용화한 획기적인 에너지절약형 기기라고 할 수 있다.

종래의 폐열을 이용하는 온수 장치는 다방면으로 연구되어 왔으며 국내에서도 여러 종류의 폐열 이용 기기가 개발되어 보급된 적도 있으나 여러 면에서 문제점이 발생되어 폐열회수기로써의 기능을 발휘하지 못하였다. 일본에서도 폐열을 이용하는 온수가열장치로 실용신안 출원공고 소43-3354에서 공지되었으며 이들은 열발생로의 연도의 외주에 외통체를 설치하여 저탕식 열교환기를 형성하여 연도(굴뚝)의 내부에 수관으로 된 열교환기를 설치한 것이었다. 그러나 이러한 것들은 열교환기가 직접 연소가스와 접촉되고 있으므로 열교환기에 냉수를 급수하여 냉수가 연소가스와 열교환되어 열을 받음으로 해서 로점 이하로 냉각되어 연소가스중의 아황산가스와 결합하여 황산을 발생케 한다. 이러한 현상이 일어남으로

해서 열교환기의 전열면을 부식시키게 되고 이 때문에 열교환기의 사용 기간이 짧게 되고 또 연도 내부 중앙에 나선관으로 된 열교환기를 설치할 경우 폐열 흡수 효율은 있으나 연소가스의 통풍저항이 커지므로 강제 통풍을 하지 않을 수 없고 송풍기설치가 필수적이게 되어 이렇게 되면 설치비가 많이 들고 강제 통풍을 하지 않을 경우에는 내통을 크게 해야 하는 결점이 있고 설치 면적도 많이 차지하여 설치 공간이 작은 곳에는 설치할 수 없는 등의 결점이 있다.

축열식 폐기열회수기는 연소가스 유입구와 연소가스 유출구가 형성된 내통과 그 주위에 설치되는 외통 사이에 열교환조를 형성하여 그 내부에 열교환관을 나선상으로 설치한 것에 특수 오일인 300℃에서도 발화되지 않는 축매액을 주입하여 내통에는 열교환조와 연통되는 'ㄱ'자형의 축매액 가열관을 내통의 양측벽에 근접하게 제작한 것이다. 이렇게 만든 폐기열회수기는 연소가스의 온도가 로점 이하로 냉각되는 것을 방지하므로 열교환기의 전열면의 부식을 방지토록 하고 또 연소가스의 통풍저항을 적게 하면서 열 효율을 증대시키고 그 크기를 작게 함으로써 설치 면적이 적어 좁은 공간에도 설치가 가능함으로 설치비가 종래의 것보다 적게 드는 이점이 있다. 또한 특수유인 축매액은 축열성이 뛰어나 보일러의 가동을 중단해도 축열된 열량에 의해 온수를 가열시킬 수 있고 자유로이 사용자가 온수 온도를 조절하여 필요한 온수를 얻어 사용할 수 있는 것은 물론 보일러의 가동 시간이 줄어들므로 인한 보일러의 사용 기간을 길게 할 수 있는 이점도 있다. 기존의 폐기열회수기의 문제점을 해결키 위한 오랜 기간의 연구 개발을 실행하면서 시행 착오도 많이 겪으면서 제반 문제점을 해결하게 되었고 이를 근거로 하여 실용신안등록 제098436호로 등록되게 되었다.

5. 기대 성과 및 활용 방안

1) 예상되는 에너지절약 효과

자동제어 시스템은 보일러의 연소, 급수량 등을 통합하여 제어하므로 기존의 독립적인 제어장치보다 효율향상을 기할수 있으며, 자동 제어장치가 설치되지 않은 보일러에 대해 설치함으로써 운전효율향상을 기할 수 있다. 이를 통한 에너지절감효과는 4% 내외로 기대된다.

또, 에너지관리 시스템은 다음과 같은 기능을 통하여 약 4%의 에너지 절약이 가능할 것으로 본다.

- ① 보일러 공장의 안정적인 조업을 가능하게하여 부가적인 스팀의 생산량을 최소화하고
- ② 이상상황의 발생시 조기조치와 적절한 처리로 보일러 공장의 운전 및 가동능력을 향상시키며 에너지의 낭비를 없애고
- ③ 열교환기나 보일러 내부의 코킹 등을 감시하여 공장의 적절한 유지/보수를 통해 효율의 저하를 방지하며
- ④ 보일러 조업 시동/정지시 적절한 조업지침 제시를 통해 에너지의 낭비를 막는다.

이상과 같이 자동제어 시스템의 설치를 통한 에너지절감과 에너지관리시스템을 통한 에너지절감을 고려하면 전체적으로 약 8%의 에너지절감을 가져올 것으로 생각된다. 보열용량에 따른 에너지절감액을 금액으로 환산하면,

대규모 보일러 공장 연비

$$\text{약 } 300\text{억원} \times 4\% \text{ 50대} = 600\text{억원}$$

중규모 보일러 공장 연비

$$\text{약 } 30\text{억원} \times 8\% \text{ 500대} = 1200\text{억원}$$

소규모 보일러 공장 연비

$$\text{약 } 3\text{억원} \times 8\% \text{ 500대} = 120\text{억원}$$

으로 약 1,900억원 가량의 에너지절감을 가져

을 것으로 기대된다.

2) 부차적 기대효과

본 인구에서는 자동제어 시스템과 에너지관리 시스템을 통한 신체적인 에너지의 절감외에도 다음과 같은 부가적인 효과를 기대할 수 있다.

- ① 효율적인 에너지관리와 절약기술의 바탕이 되는 계측기술, 제어 및 최적화기술, 공정모사기술, 에너지정보관리기술 그리고 전문가시스템 등의 기술은 전 산업분야에 걸쳐 공정관련기술의 획기적인 발전과 자립을 가져오게 할 것이다.
- ② 에너지관리 및 절약에 관한 집중적이고 체계적인 연구와 적절한 인력관리를 통해 에너지관리 및 절감에 관한 연구인력의 집중적인 양성이 가능하게 된다.
- ③ 이제까지 수입에 의존해오던 시스템을 순수 국내기술로 개발함으로써, 수입대체 효과 및 개발된 시스템의 해외진출도 고려할 수 있으며, 선진국으로부터의 기술종속에서 벗어나는 계기가 될 것이다.
- ④ 국가적인 차원에서 산·학·관·연의 협동체제를 구축, 다른 연구에 있어서의 모범을 제시하게 될 것이고, 학문적인 차원에서는 제어계측, 기계공학, 화학공학, 소프트웨어 산업, 엔지니어링등 관련분야의 학문을 통합한 학제적인 연구의 모범을 제시하게 될 것이다.

(1) 자동제어 시스템

국내에서 개발된 센서를 사용함으로써 낙후되어 있는 센서분야의 기술을 일부나마 보완 발전시킬 수 있는 계기가 될 것이며 이는 제어분야 중에서 가장 낙후되어 있다고 할 수 있는 센서분야의 기술력을 향상시킬 수 있는 귀감이 될 것이다. 또한 제어분야에서 가장 중요한 부품중의 하나인 구동기를 국산화함으로써 구동기 개발에 있어서의 기술력을 향상시

킬 수 있다. 그리고 중소형 보일러 계장시스템의 국산화를 통해서 계장에 관련된 기술력의 향상을 꾀할 수 있으며 발전된 계장시스템을 국내에 보급함으로써 국내 보일러 중소기업간의 기술적 협력을 도모할 수 있으며, 이를 학·관이 지원해 줄 수 있게 될 것이다. 센서, 구동기, 보일러 계장시스템을 국산화함으로써 수입대체에 따른 외화를 절감할 수 있으며 보일러 관련분야의 자동제어를 통해 표준화 작업의 기반을 구축하게 될 것이다.

(2) 에너지관리 시스템

에너지관리시스템을 구성하는 세가지 부시스템 중에서 각 부시스템별로 얻을 수 있는 부차적인 기대효과를 고려하면 먼저 보일러 공정을 컴퓨터로 모사할 수 있는 기술을 확보함으로써 조업중의 직접적인 영향을 고려할 수 있는 효과뿐만 아니라 공정변수간의 민감도를 해석할 수 있으므로 제어기의 설계나 최적조업조건을 구하는 기반지식이 될 수 있다. 또한 조업가능 영역을 찾고 향상된 조업을 달성할 수 있는 조업성 연구나 이상 상황의 결과를 미리 예측할 수 있음으로써 안전성 연구의 기반을 얻을 수 있다. 그리고 보일러 공정의 동특성을 모사할 수 있게 됨으로써 조업자의 신규교육용으로도 사용할 수 있다. 또한, 조업지원 부시스템을 개발함으로써 스팀의 품질을 향상시키고 균일하게 생산할 수 있고 보일러 공장의 안정성뿐만 아니라 스팀을 사용하는 하부공정의 제품품질의 향상을 이룩할 수 있다. 그리고 전문가의 지식을 컴퓨터로 구현한 시스템이기 때문에 보일러 공장의 조업정지 등 최악의 상황에 체계적이고 안정적인 조업을 가능하게 한다. 보수계획 부시스템은 항상 공정의 상태를 감시하고 있기 때문에 조업정지시간을 단축시킬 수 있으며 따라서 생산성의 향상을 가져올 수 있다. 또한 적절한 시기에 보수를 실시할 수 있도록 지시해 주기 때문에 효율저하를 방지할 수 있다.