

축냉설비를 이용한 저온공조시스템



박노현/한국전력공사 사옥건설처 기전부 과장

[1] 개요

한국전력공사의 주도하에 90년대 초 국산개발하여 일반건축물 및 한국전력공사 신축사옥에 설치·사용하고 있는 「심야전력을 이용한 축냉설비」의 이용방법에 대하여 검토·분석한 결과 축냉시스템에서 쉽게 얻을 수 있는 저온의 냉수를 직접 이용하여 에너지 절약을 극대화 하고자 『저온송풍공조시스템』에 대한 연구개발에 착수하게 되었다.

최근 미국 일본등 선진국에서 연구한 바에 의하면 저온송풍공조시스템은 다른 냉방 시스템과 비교하여 설치공사비 및 소모전력을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 재실자에게 높은 쾌적성을 줄 수 있어서 근무환경 개선효과도 큰 것으로 나타나고 있다.

따라서 국내의 모든 분야에 전기 공급을 담당하고 있는 한국전력공사가 앞장서서 완벽하고 경제적인 저온공조 시스템을 개발, 사용하고 그 성능을 입증함으로써 공사비 및 에너지절약을 도모함과 아울러 축냉시스템의 국내보급확산에 기틀을 마련코자 한다.

개발목적

- 축냉시스템의 보급확대를 통한 심야전력 수요개발 및 에너지의 효율적 이용
- 사옥 신축 공사비절감 및 건물 냉방 소비전력 절감

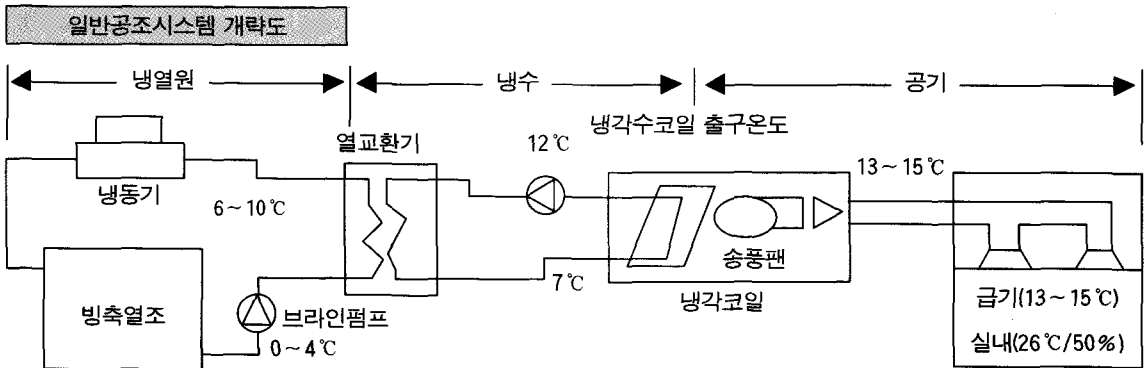
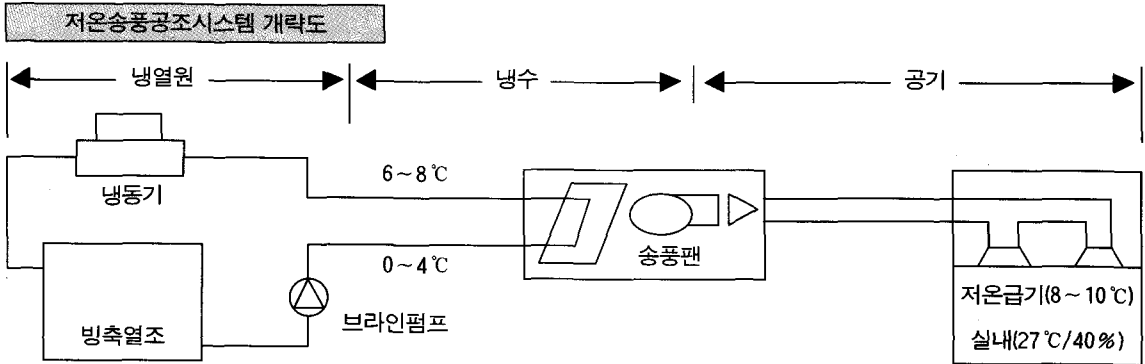
[2] 현상파악 및 분석

1. 저온송풍공조시스템 개요

「저온송풍공조시스템」이란 심야전력을 이용한 축냉설비에서 얻을 수 있는 냉수를 공조기에 직접 순환시켜 발생하는 저온공기(급기온도 8~10℃)를 실내에 공급하는 급기방식으로서 일반 공조시스템(급기온도 13~15℃)에 비하여 급기량을 대폭줄일 수 있음에 따라(약 40% 감소) 공조기 소비전력의 감소 및 공사비절감이 가능할 뿐만 아니라, 축냉설비에의 접목운전으로 심야전력의 사용이 확대되는등 에너지 이용의 효율적인 측면에서도 여러 가지 이점이 많은 신기술이다.

2. 저온송풍공조시스템의 국내외 개발현황

- 1) 미국 : 실용보급정착단계



80년대 중반에 개발하였으며 시카고 Marchandise Mart 빌딩등에 실용실적이 다수 있다.

2) 일본 : 기술개발 및 보급 초기단계

'94. 10 「동경전력 기술개발센터」에 시범적용한 결과 개발효과가 양호하여 점차 보급확산되고 있는 추세이다.

동경전력 저온송풍공조설비 개발 현황

- 건물연면적 : 38,392㎡
- 개발효과 : 건물충고 10% 감소, 공조설비비 10% 감소, 소요전력 40% 절감

3) 국내 : 연구개발단계

저온송풍공조시스템에 대한 국내 기술수준은 연구개발의 초기단계로서 실용건물의 설계·적용 실적이 아직 없는 상태이다.

3. 냉방시스템 형식별 국내보급현황

구분	가스식냉방	터보식냉방	축냉식냉방	비고
사용 열원	LNG	전기	심야전기	'93~'95년 기준 업무용빌딩 3,000평 기준
냉방 원리	물의 증발열 이용	냉매가스의 증발열 이용	심야전기로 냉동 시킨 얼음 이용	
국내보급율	76% (355MW)	19% (95MW)	5% (21MW)	
냉방효율 비교	0.67	1.0	0.89	
투자비 비교	1.07 (4.03억원)	1.0 (3.76억원)	1.13 (4.23억원)	

4. 저온송풍공조시스템의 특징

1) 건물충고의 감소

공조풍량이 줄어들어 덕트의 크기가 작아지므로 건물충고를 줄일 수 있다.

2) 에너지소비량의 감소

공조기 반동동력이 줄어들고 냉각수 유량의 감소등으로 소비동력을 절감 할 수 있다.

3) 실내공기의 질과 쾌적성 향상

실내급기온도를 낮추므로써 상대습도가 낮아져(50% → 40%) 재실자의 근무 쾌적성을 향상시킬 수 있다.

4) 공조덕트 및 배관 SIZE 축소

공조풍량이 약 40% 감소되어 공조덕트 및 배관 SIZE 축소시킬 수 있다.

5) 온도 및 습도제어가 용이

V.A.V(가변풍량) 제어시스템의 도입으로 각 실별 또는 ZONING별 제어가 용이하다.

6) 건물 유효 사용면적 증가

전 공기 공조방식의 채택으로 FCU의 삭제가 가능하여 건물 유효 사용면적이 약 5% 증가된다.

7) 환경에 대한 영향 감소

냉방설비 용량의 감소로 냉매 배출량이 적다.

8) 기존건물의 개보수에 적용하면 적은 비용으로 냉방능력의 증감이 용이하다.

[3] 추진내용

대상건물 및 추진경위

- 동두천지점 신축사옥
 - 연면적 : 970평
 - 규모 : 지상4층, 지하1층
 - 공기 : '97. 9~'99. 2
- 추진경위
 - '96. 3 : 전력연구원 연구개발과제로 선정
 - '97. 3 : 저온공조시스템 연구 1차년도 연구 중간결과 발표
 - FPU 개발내용 발표
 - 해외사례조사 발표
 - '97. 6 : 저온공조시스템 추진방안 수립 : 사옥건설처
 - '97. 8 : 동두천지점 신축사옥 저온공조시스템 설계착수
 - '97. 12 : 동두천지점 신축사옥 저온공조시스템 설계완료
 - '98. 2 : 동두천지점 저온공조설비공사 착공

1. 동두천지점 신축공사의 저온송풍공조시스템 개발 적합성 검토

동두천지점 신축사옥에 저온공조시스템을 개발하는 주요한 목적은 저온송풍공조시스템의 쾌적성과 경제성을 입증하고 홍보하는데 있다.

따라서 본 건물에서는 재실자가 일반 건물에서 보다 쾌적감을 느낄 수 있어야 하고, 건설비

와 운영비가 감소될 수 있어야 한다.

본 검토대상 건물을 쾌적성과 경제성등의 개발 적합성에 대한 검토내용은 다음과 같다.

1) 쾌적성 측면

당초 본 건물에 적용된 국내 설계 온·습도 기준인 26℃, RH50%를 저온송풍공조가 가능한 구획으로 선정한다면 28℃, RH40%로는 쾌적성

확보가 어려울 것이다. 현재는 저습도에서의 실내온도 증가범위에 대한 입증자료가 부족하여 쾌적범위에 대한 정밀한 예측이 어렵고, 다만 동일한 쾌적조건에서 상대습도 10% 감소에 따라 0.5℃의 증가가 가능하므로 27℃, 40%의 조건으로 설계하는것이 바람직 할 것으로 예상된다. 이 경우에 일반공조의 조건인 26℃, RH50%에서 보다 쾌적성이 좋아진다.

또한 28℃, 40%에 비하여 전체 냉방부하는 약 3% 증가되며 FAN 동력은 약 1% 증가 될 것으로 예상되지만 운영비의 증가에 비하여 쾌적성에 대한 효과가 보다 클 것이다.

2) 경제성 측면

저온공조 시스템은 일반 시스템에 비하여 덕트 및 배관의 크기를 축소시킴으로써 건물의 층고를 낮출 수 있으며, 고도제한이 있는 경우에도 층수를 높일 수 있는 장점이 있다. 이것은 건축공사비를 크게 감소시킬 수 있다. 그러나 본 건물은 지리적인 위치 및 설계여건상 층고 감소에 대한 이점을 얻기는 어렵다. 그 이유는 당초부터 저온송풍 공조시스템의 적용을 감안하지 않고 일반 공조방식으로 계획을 하였다가 중도에 저온송풍 공조시스템을 적용하기로 결정하여 건축적인 측면은 무시하고 설계를 완료하였기 때문이다.

3) 건축적인 측면

저온공조시스템은 일반공조시스템보다 상대습도 조건이 낮으므로 건축물 내부로 다습한 외기가 침입하지 않도록 기밀을 유지하는 것이 상당히 중요하다. 침입된 외기는 실내의 쾌적성을 감소시키며 냉방부하를 증가시켜 저온송풍공조시스템의 장점을 감소하게 한다. 따라서 저온공조시스템이 적용되는 건물은 건축계획 초기부터 건축물의 기밀성을 유지할 수 있도록 계획되어야 하나 본 건물은 다음과 같은 이유로 기밀성 유지에 제한적인 요인이 있다.

(1) 1, 2층이 개방공간으로 되어 있어 1층에 침입한 외기가 2층까지 영향을 줄 수 있다.

(2) 1층은 출입자가 많아 출입문 개폐가 빈번하며, 주 출입구가 기밀을 유지하기가 어렵다.

(3) 주 출입구 이외에도 출입구가 3개 더 있어 출입구가 많아 외기의 침입 가능성이 높다.

(4) 창면적 비율이 높고 개폐가 용이한 창문이 설치되어 있어 외기 침입량 가능성이 높다.

4) ZONING에 대한 검토

각 실이 세분화되어 있으며 각 층에 별도로 ZONING 되어야 할 실이 있어서 각 실의 Air Balancing 및 실내습도를 유지하기에 불리하다.

(1) 지하1층

○식당, 감시실, 복도 : 식당은 습기가 많이 발생되므로 실내를 40%로 유지할 경우 냉방부하가 크게 증가된다.

(2) 지상1층

○영업운영본부, 현관 홀 : 영업운영부에는 저온공조가 가능하지만 현관 홀은 외기침입량이 많다.

(3) 지상2층

○용도품창고, 여휴계실, 예비실, 서류창고, 사무과, 회의실, 복도 : 각 실이 세분화되어 있어서 FPU에 의해 ZONING되며, 기타실은 용도가 다르므로 별도로 ZONING 해야된다.

(4) 지상4층

○강당, 용역사무실 : 강당은 일시에 많은인원이 풀입하므로 많은 외기량이 필요하다.

5) 설비 계획적 측면

각 층이 작은 면적으로 세분화되어 interior 부분이 perimeter 부분에 비하여 면적이 작아 FPU 설치시에 interior 부분의 부하와 perimeter 부분의 부하를 나누어 처리하기 어렵다.

즉, 시스템의 특성상 perimeter 부하를 처리하기 위해 창가쪽에 별도의 FPU를 설치해야 하지만 공사비 측면에서 비경제적이므로 덕트 및

취출구를 잘 조절하여 구성한다.

6) 시스템의 계획

(1) 냉방열원 방식 : 축냉식 냉방시스템

(2) 축냉설비 운전방식

CHILLER DOWN STREAM 방식 : 냉동기를 축열조 후단에 배치하는 방식으로 공조기를 통과하여 온도가 높아진 브라인이 축열조로 유입되어 열교환 후에 냉동기를 통과하므로 보다 저온(0℃~4℃)의 온도를 얻을 수 있어 저온공조에 유리하다. 이렇게 운전할 때는 축열조의 방열효율이 높아지지만 냉동기의 입구 수온이 낮아져 냉동기의 주간운전 효율은 저하되지만 시스템 전체의 효율은 CHILLER UP STREAM 방식에 비해 효과적이다.

(3) 냉수공급 방식

냉동기에서 토출된 브라인을 열교환기를 통하지 않고 AHU로 직접 급함으로써 열교환에 따른 열손실을 방지할 수 있고, 별도의 냉수펌프를 설치하지 않아도 되며 보다 저온의 공기를 얻을 수 있다.

(4) 공기분배 방식 및 ZONING

구분	공기분배방식	공조시스템	설치위치	적용실명
AHU-1	저온	VAV+FPU	지하층 기계실	지하층 : 식당, 감시실, 체력 단련실, 홀 1층 : 영업/요금과, 1층예비실 2층 : 서무과, 회의실, 지점장실, 부속실, 휴게실, 홀 3층 : 자료실, 위탁원실, 흡연실, 3층예비실, 홀
AHU-2	일반	CAV	4층공조실	3층 : 강당
팩케이지	-	항온항습	각실	1층 : 전기원실 3층 : 정보통신실, 전산실

(5) 공기조화기의 설치위치

① AHU-1 : 지하층 기계실

본 건물의 주공조기로 많은 냉온수량이 요구되므로 열원과 가능한 가깝게 위치시켜 반송동력 및 열손실을 최소화 하였다.

② AHU-2 : 4층 공조실

- 강당용 공조기로 부하 및 사용빈도가 크지 않으므로 냉온수의 반송동력이 적다.

- 강당과 근거리에 위치하여 공기의 반송동력이 최소화 된다.

- 수직 SHAFT에 덕트 설치공사가 생략되므로 공사비가 절감된다.

2. 동두천지점 저온송풍공조설비 주요규격

1) 설계기준 [표1] 참조

2) 주요설계규격 [표2] 참조

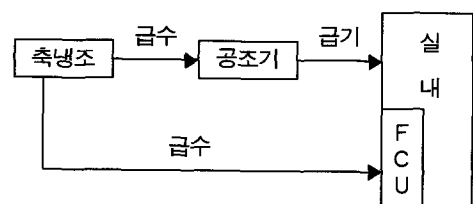
3. 동두천지점 저온송풍공조시스템 개발 및 설계 착안사항

1) 전공기 공조시스템의 개발·채택

건물 창가쪽의 외주부하를 차단하기 위하여 지금까지는 FCU를 설치해 왔으나, FCU를 설치할 경우 급수배관의 누수로 인한 천정오염 및 전기배선 및 배관설치를 위한 통로와 FCU 설치공간의 확보문제가 뒤따랐다.

이에 본 건물에서는 개별 또는 실별제어가 가능한 FPU의 개발과 중앙제어시스템을 이용한 전공기 공조시스템을 개발 적용함으로써 저온공조시스템의 경제적 효과를 향상하였다.

• 수공기 공조시스템



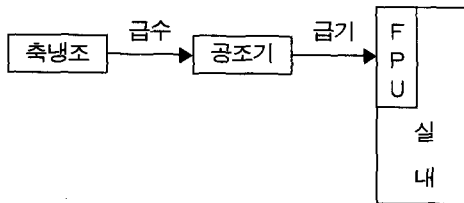
[표 1]

구 분		당 초	변 경	비 고
공 조 형 식		일반공조	저온공조	○급기열량 -26℃/50% : 12.6kcal/kg -27℃/40% : 12.5 kcal/kg ○보유수분 -26℃/50% : 10.5kg/kg' -27℃/40% : 9.4 kg/kg'
실내조건	실내온도	26℃	27℃	
	상대습도	50%	40%	
공조기출구 급기온도		13~15℃	8~10℃	
공조기 냉수 입·출구온도		7~12℃	4~14℃	
공조기 통과 최대면 풍속		2.5 m/s	2.3 m/s	

[표 2]

구 분	당 초	변 경	비 고
공조형식	일반공조	저온공조	
급기방식	수공기방식	전공기방식	
풍량제어방식	고정풍량제어(CAV)	가변풍량제어 (VAV)	
열원설비	축냉설비	좌 동	
냉동기용량	60RT×58.3KW	좌 동	
축냉조용량	390RT-M	좌 동	
냉각수펌프	780LPM×5.5KW	좌 동	
브라인펌프	700LPM×11KW	460LPM×5.5KW	
냉수순환펌프	1200LPM×15KW	삭 제	
관형열교환기	274,471kcal/h	삭 제	
터미널유닛	FCU 44대, 1.8KW	FPU41대, 2.05KW	
공기조화기	22.4KW	22.4KW	

•전공기시스템



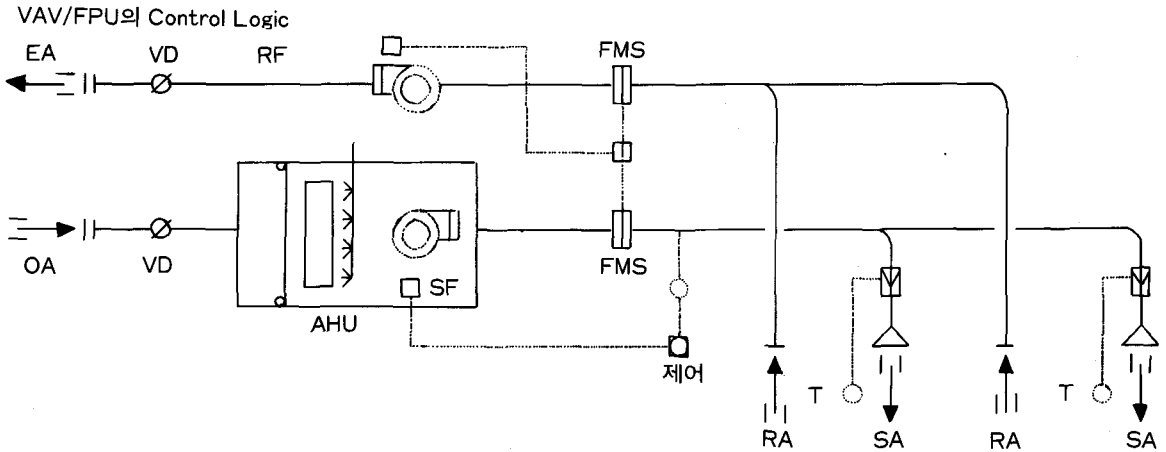
(1) 개선효과

- ①실내에 급수배관 및 드레인관의 설치가 불필요함으로써 누수에 의한 천정 오염요인 제거
 - ②FCU의 삭제로 사무실 유효사용면적 증가 (약 5.4%)
 - ③FCU 운전에 의한 소음발생요인 제거
- 2) 가변풍량제어 시스템 개발 적용

기존의 CAV(고정풍량) 제어 방식에서는 디퓨저에 의하여 일정한 풍량이 급기되도록 공조기가 운전되므로써 외기온도 변화에 의한 각 실별 냉난방 풍량제어가 곤란하였으나 본 건물에서는 각 실별 또는 존별, 온도검출을 하여 FPU에 의한 풍량제어가 가능한 가변풍량 제어시스템을 개발·적용함으로써 실내근무환경의 쾌적성 향상을 도모하였다.

- (1) 풍량제어방식 : 가변풍량제어 (VAV)
- (2) 제어프로그램 명칭 : TREND 945
- 3) 노출형 FPU 개발

건물 외주부는 내주부에 비하여 방열량이 상대적으로 크므로 방열차단을 위한 디퓨저의 집중설치는 창문틀 주위에 결로 발생요인이 높다.

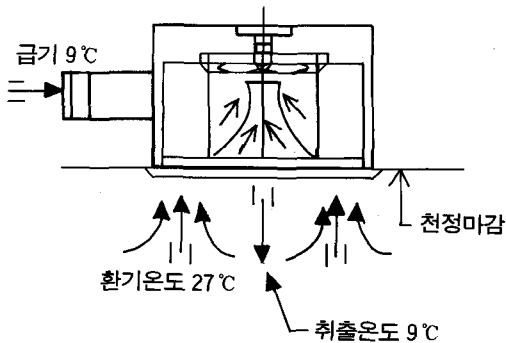


본 건물에서는 4방향 또는 2방향으로 급기가 직접 배출되는 노출형 FPU를 개발·적용하여 창문가의 결로발생을 방지하고, 천정 내의 급기 덕트와 디퓨저를 삭제함으로써 공사비를 절감하였다.

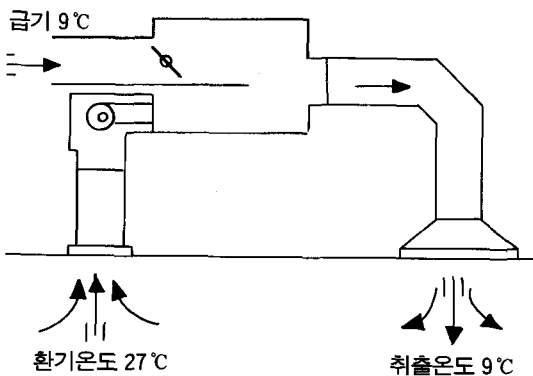
(1) FPU 규격 비교

구 분	국산(FAM-3000F)	미국 TITUS	비고
토출풍량	500~1500CMH	2000CMH	
규격(L.W.H)	81×81×43cm	105×90×43cm	
소비전력	50W	265W	
소음	45db(A)	55.0db(A)	
가 격	160만원	220만원	

노출형 FPU (채택)



매입형 FPU



4) 조립식 공조덕트 시공

일반공조시스템(급기온도 13~15°C)과 비교할 때 저온송풍공조시스템은 급기온도(8~10°C)가 낮으므로 공조덕트의 단열재질 및 보온두께의 증가가 필요할 뿐만 아니라, 특히 공조덕트 외부의 결로발생 방지를 위한 보강대책이 요구되었다.

이에 따라 본 건물에서는 기존에 사용하고 있는 유리섬유 대신 단열효과가 우수한 폴리우레탄폼을 단열재로 검토 선정하였고, 또한 덕트제작 조립 작업을 공장자동화한 조립식 덕트를 채택·시공토록 함으로써 품질향상은 물론 작업여건이 열악한 현장 시공범위를 줄일 수 있으므로써 설치공사비를 절감하였다.

구분	기 준	변 경	비 고
덕트명칭	아연도덕트	PITRE 덕트	
설치방법	현장제작설치	공장조립	
보온재	유리섬유	폴리우레탄폼	
보온두께	25~50t	30t	
중량	6.6kg/m ²	1.2kg/m ²	
단열성	0.037kcal/mh℃	0.017kcal/mh℃	
흡음성	송풍, 신축, 공명에 의한 소음발생	소음발생원 없음	
부식성	수분에 의한 철관부식	부식요인 없음	
기밀성	10~15% 누설	5% 이하 누설	
외관	시공상태에 따라 상이	외관이 수려함	
환경영향	유리섬유의 비산분진으로 인체에 유해	유해물질 발생하지 않음	
수명	15년	20년 이상	
공사비	1.56억원	1.32억원	24백만원 절감

5) 기계실 배치 개선

열교환기, 냉수펌프 및 환수헤더등의 삭제로 인하여 생긴 기계실 내의 여유공간에 당초 4층 공조실에 설치토록 되어 있었던 사무실용 공조기를 기계실 내로 이동배치하여 배관길이가 짧아지므로써 펌프 운전동력 및 배관공사비를 절감하였다.

[4] 절감효과 및 투자비

1. 절감효과 : 327백만원

〈동두천지점 저온송풍공조시스템 설계공사비 기준〉

- 1) 공사비절감금액 : 106백만원
 - (1) 열교환기 1대 및 냉수펌프 2대 삭제
 - (2) 조립식 공조덕트 채택
 - (3) FCU 44대 및 관련배관 삭제
- 2) 연간 에너지절감 예상액 : 3백만원
- 3) 건축물 유효사용면적 증가분 : 218백만원
 - (1) 건축물 유효사용면적 약 52평 증가

2. 확대적용효과

1) '99년도 신축사옥에 확대적용시 절감효과 : 5,135백만원

〈대상건물 : 전력연구원 증축동 5건 42,853평〉

- (1) 공사비절감 예상액 : 1,384백만원
 - (2) 연간 에너지절감 예상액 : 152백만원
 - (3) 건축물 유효사용면적 증가분 : 3,599백만원
- * 건축물 높이 감소로 인한 절감금액은 계상하지 않음

2) 전국의 신축 상업용건물에 적용시

〈'97년도 상업용빌딩 건축허가면적 : 약830만평〉

- (1) 전국에서 신축되는 상업용 건물에 확대적용시 최소 1,000억원 이상의 공사비 및 에너지 절감효과가 있을 것으로 기대됨

3. 간접효과

- 1) 가스식 냉방에 대한 축냉식 냉방의 경쟁력 향상으로 축냉식 냉방시스템 판매확대
- 2) 축냉시스템의 판매확대를 통한 여름철 피크 부하 감소에 기여
- 3) 저온송풍공조시스템의 설계기술 확보를 통한 공조설비 국내기술 향상에 기여
- 4) 국내산업발전을 위하여 기술개발에 앞장서는 한전의 위상 홍보

[5] 향후대책

1. 동두천지점 저온송풍공조시스템 개발효과 분석

- 1) '98. 2~'99. 2 : 저온공조설비 기자재 제작 및 시공
- 2) '99. 2~'99. 6 : 실증시험 및 효과분석
 - 시험기관 : 한국기계연구원, 전력연구원
- 3) '99. 8 : 현장견학 및 기술세미나 시행

2. 저온송풍공조시스템 확대시행 추진

동두천지점에 대한 실증시험 및 효과분석 후 '99년도에 발주예정인 전력연구원 증축공사등에 확대시행 검토를 추진하고 있다.