

광역상수를 이용한 수온차 수축열시스템 설치사례

○○건물에 제안된 냉·난방식으로 광역상수를 이용하는 수온차 수축열시스템을 소개하고자 한다.

서론(보급동기)

세계적으로 에너지 고갈에 대비해 신재생에너지공급의 중요성이 대두되었으며, 지구 온난화의 문제로 탄소배출을 최소화하는 친환경 에너지 개발이 강조되고 있다. 주요 선진국에서는 에너지소비 억제 정책보다는 신재생에너지의 개발과 보급에 주력하고 있다.

우리나라도 저탄소 녹색성장의 실현을 위해 GDP의 2%를 신재생에너지 사업에 투입하고 있으며, 3차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획을 통해 2015년까지 전체 에너지 보급의 4.3%를 신재생에너지로 보급하고자 한다.

광역수 이용 시스템은 원수가 보유하고 있는 열에너지를 이용하여 건축물의 냉난방을 해결할 수 있으며, 원수는 자체 열 복원력에 의하여 원래의 조건을 유지할 수 있으므로 원수의 낭비 없이 에너지를 생산하는 친환경 시스템이라 말할 수 있다. 이러한 에너지원을 미활용에너지라 하여 현재 신재생에너지로 추진하고 있으나 아직 신재생에너지로 인정을 받지 못하고 있다.

실제 미활용 에너지시스템이 대용량으로 적용된 것은 이번이 처음

강한기

(주)이젠엔지니어링

대표이사

icekang@egeneng.com

류상범

(주)이젠엔지니어링 기술연구소

연구소장

fbvod@hanmail.net

이며 전체 냉·난방시스템의 일부를 담당하는 것으로 설계된 ○○건물은 주변에 관경 800 mm의 광역 1단계 분지관로가 설치되어 있어 관 갱생 후 20년간 50,000 Ton/Day의 원수를 안정적으로 공급 받을 수 있어 이 원수를 이용하여 3,000 USRT의 히트 펌프와 약 2000 USRT를 처리할 수 있는 수축열시스템을 설계·설치하였다.

○○건물은 국내는 물론 세계적인 Landmark 건물로서 최첨단의 에너지절약 시스템과 친환경 설비를 적용한 초고층 건축물의 좋은 사례가 될 뿐만 아니라 원수의 열을 취득하여 이용함으로써 국내에서는 최초로 시도되는 지표수 이용 사례의 모범적인 적용현장이 되리라 판단되어 진행하였다. 현재 시운전은 완료된 상태이며, 실제 운전데이터를 얻기 위하여 개장이 되어 운영되기를 기다리고 있다.

○○건물은 최상층인 123층, 해발 500 m 지점에 전망대가 가설되어, 완공 시 중국 상하이타워(610 m 높이 121층에 설치)에 이어 세계에서 두 번째로 높은, 그리고 OECD 국가 중에서는 가장 높은 전망 시설을 갖게 된다. 이외에도 6성급 최고급 호텔, 오피스가 들어서며, 저층부에는 ○○월드몰과 연계되어 명품 백화점, 아웃도어 쇼핑몰, 문화 레저시

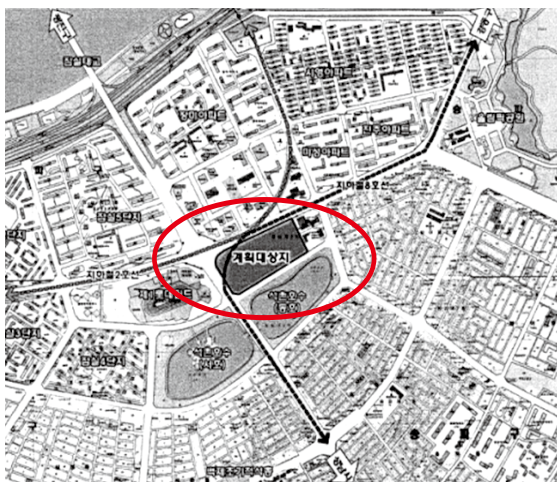
설 등의 쇼핑 및 편의시설이 갖춰진다.

○○건물 사업개요

- 건 설 사 : ○○건설
- 준공예정일 : 2016년 5월
- 사업내용 : ○○슈퍼타워 건설사업
- 건축면적 : 연면적 810,539.66 m²
(냉방면적 491,096 m²)
- 규 모 : 지상 123층, 지하 6층
- 위 치 : 서울시 송파구 신천동 29, 29-8번지

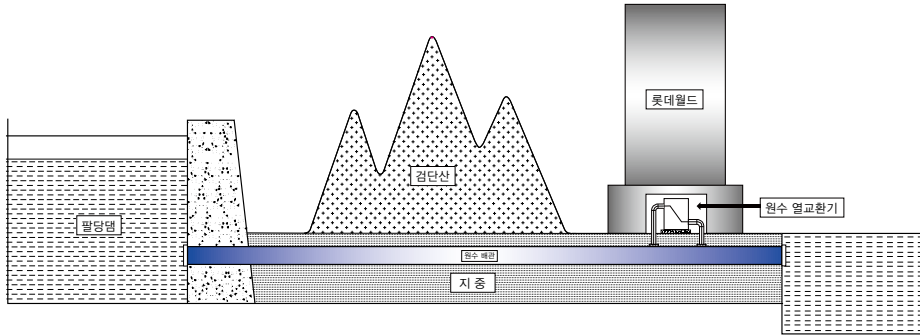
○○건물 냉방시설 현황

구 분		냉방용량	비 고
저층동	축냉설비	빙축열(캡슐형)	10,000 USRT 냉방전용
		폐수히트펌프(광역상수)	5,000 USRT 냉난방겸용
	신재생	지열히트펌프	3,000 USRT 냉난방겸용
	일반	터보 냉동기	1,800 USRT 냉방전용
	합 계		18,000 USRT -

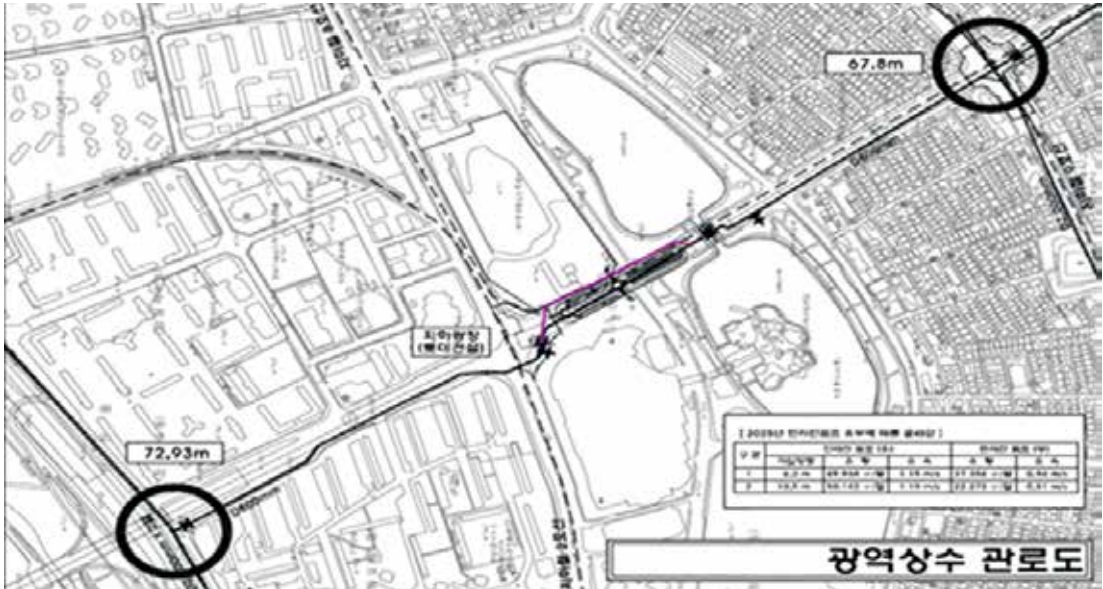


[그림 1] 건물의 위치 및 건물조감도

본 론(시스템의 개요) (그림 2, 3)



[그림 2] 광역상수도 원수이용 개념도



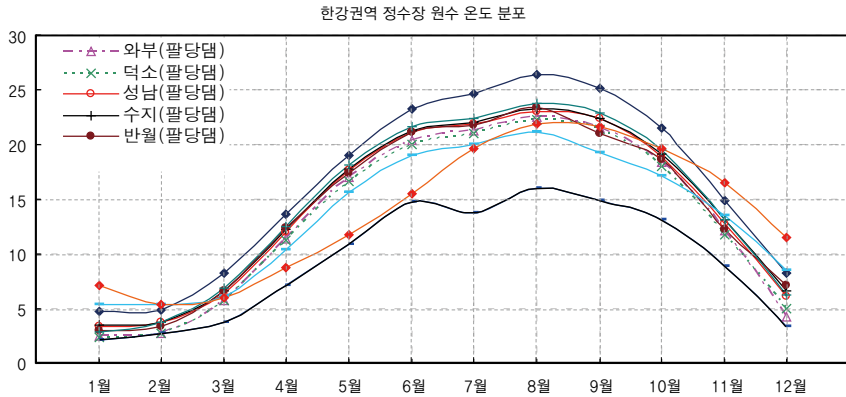
[그림 3] 광역상수 관로도

광역상수 이용 수온차 시스템의 개요

한강권의 팔당댐에서 정수장까지 통하는 원수의 온도 차이를 이용한 시스템으로, 그림 4에서 보는 바와 같이 여름철 최고온도는 25℃ 이하이며 겨울철 최저온도는 3℃ 이상으로 분포한다. 여름철에는 이러한 낮은 온도를 이용하여 냉각수로 사용함으로써 기존 냉각탑을 사용하는 것에 비해

15% 이상의 에너지를 절약하며, 겨울철에는 3℃ 이상의 한강 물을 이용하여 히트펌프로 난방을 하는 시스템으로 에너지 절감률은 50% 이상이 된다.

그림 5에 광역상수 이용 수온차 시스템의 개념도를 나타내었다. 800 mm의 광역 상수관에서 열교환을 한 후 이 열원을 히트펌프의 열원으로 사용하며 광역수는 열교환기를 이용하여 건물과 분리되는 시스템이다.



[그림 4] 한강권역 정수장 유입도와 원수의 온도



[그림 5] 한강권역 정수장 원수이용 유입온도 분포 및 광역수 이용 개념도

광역상수 이용 수온차 수축열 냉난방 시스템의 개요

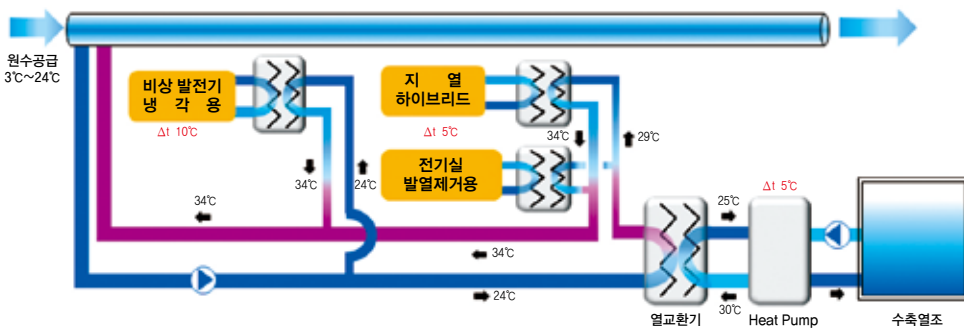
광역상수를 열원으로 하는 히트펌프와 수축열 시스템이 결합된 냉난방 시스템으로 심야시간대에 히트펌프를 가동하여 주간 냉난방 일부를 수축열

조에 저장하였다가 주간에 사용하는 시스템이다.

수축열 히트펌프 시스템은 심야시간에 냉온수를 수축열조에 저장한 후 주간 낮에 냉난방에 이용하는 시스템으로, 주요 구성부품은 열원기기인 히트펌프, 축열조, 펌프 및 배관 그리고 자동제어시스템으로 구성되어 있으며, 그 역할은 다음과 같다.

시스템 개요

- ① 히트펌프 : 심야 전력을 사용하여 냉방 시 5°C의 냉수를 만들며, 난방 시 57°C의 온수를 생산하는 에너지 절약적인 열공급 장치



수온차 수축열시스템 구성부품

- ② 수축열조 : 심야운전을 통하여 냉방운전 시 7℃, 난방운전 시 55℃의 물을 저장하였다가 주간에는 저장된 냉온수를 이용하여 냉난방을 수행하는 저장탱크.
- ③ 펌프 및 배관 : 각 장비들은 수배관으로 연결되어 있으며, 펌프는 축열, 방열 운전 시 냉온수를 축열조, 히트펌프, 부하 측으로 순환시키는 역할을 하며 또한 배관 중에 설치된 자동제어밸브는 냉온수의 흐름 방향과 온도를 일정하게 하는 역할을 함.
- ④ 자동제어시스템 : 축열 및 방열과정에서 축열조의 입·출구온도에 의하여 중앙제어반에서 디지털 온도조절기로 조절할 수 있으며 히트펌프에서도 입·출구온도를 감지하여 히트펌프를 운전 및 정지할 수 있음.

수축열시스템 도입 배경

실제 광역수의 경우 24시간 배관 내에 일정유

량이 흐르게 되므로 관매시설이라는 건물 특성상 야간에는 원수 그대로 통과하여 정수장으로 가게 되어 있다.

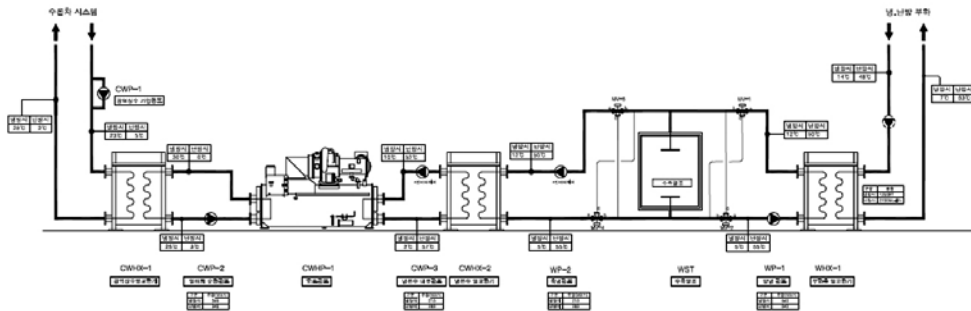
원수의 활용도를 높이기 위해 심야시간대에 운전하여 축열조에 저장하였다가 이를 이용하는 냉·난방시스템을 설계하였으며 다음과 같은 장점이 있다.(그림 6, 7)

대체냉방의무화 조건 만족

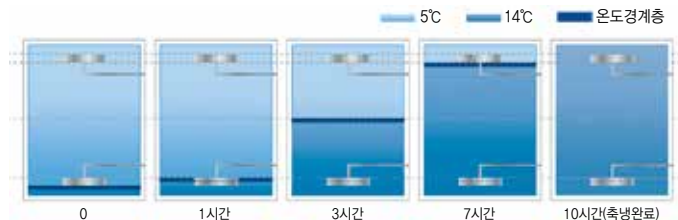
○O슈퍼타워의 경우 중앙집중식 열원방식으로 정부 규정에 따라 축냉식 또는 가스이용 장치를 60% 이상 적용해야 하며, 이에 빙축열시스템과 더불어 수축열 식 광역상수 시스템 적용으로 이를 만족할 수 있다.

심야전력을 이용한 에너지 저장

심야시간대 축열 운전을 통해 주간 전력피크를 감소(전력기본요금 절감 및 전력수요관리에 부합)시킬 수 있다..



[그림 6] 광역상수를 이용한 수온차 축열식 냉난방 이용 개념도



[그림 7] 수축열조 축냉과정

	수 원	수온차 수축열 냉난방시스템	이용 방안	
종 량	3,445 RT (50,000 ton/day)	Heat Pump	3,000 RT	
		수축열조	2,000 RT	
		비상발전기 냉각용	3,665 RT	
소 계	3,445 RT	5,000 RT	4,743 RT	
온도조건	여름 : 24℃ 겨울 : 3℃	24℃ → 29℃ (Δt5℃)	비상발전기 냉각용	여름 / 24℃ → 34℃ (Δt10℃) 겨울 / 3℃ → 13℃ (Δt10℃)
			전기실 발열 제거용	29℃ → 34℃ (Δt5℃)
			지열 하이브리드	29℃ → 34℃ (Δt5℃)
			지열 하이브리드	29℃ → 34℃ (Δt5℃)

설치하였으며 축열조 설치에 대한 투자비 회수기간은 3년 이내이다. 심야시간대 축열 운전을 통해 주간 전력피크를 감소(전력 기본요금 절감 및 전력수요관리에 부합) 시킨다.

동일한 히트펌프 용량(500 RT × 6 EA)으로 담당용량을 증가시킨다.

- 히트펌프(3,000 RT) + 축열조(2,000 RT) = 총 담당 용량 5,000 RT(2,000 RT↑)
- 값싼 심야전력으로 연간 운영비 절감/히트펌프의 효율증가 CO₂ 발생량 저감

운전비 절감

심야전력을 이용하여 냉·난방 시스템을 운전하여 OO슈퍼타워의 경우 냉온수기 사용 운전비 대비 14억 원의 운전비를 절감할 수 있는 시스템을

설치된 광역 상수 수축열시스템 제원

축열조 제원

- 상기 광역상수 이용 축열시스템은 약 2,000 RT 담당한다.
- 축열량 : 20,500 USRT-h(냉방 시), 44,280 Mcal (난방 시)

히트펌프 제원

- 히트펌프 대수 : 6대
- 히트펌프 제원

축열조 제원

축열조 용량(USRT-h)		20,500	
체 적 [m³]		총제적 12,176 m³	유효체적 9,322 m³
단열방수후 내부크기	가로	44	
	세로	31.81	
	높이	8.7	
	바닥면적	1399.50	
	유효높이	6.8	



[그림 8] 수축열조 시공 모습

히트펌프 제원

냉방시	난방시
용 량 : 463.6 USRt	용 량 : 1383.7 Mcal/h
소비전력 : 352.0 kW	소비전력 : 640.0 kW
냉수유량 : 213.0 m³/h	온수유량 : 283.0 m³/h
온도조건 : 10.0°C → 3.0°C	온도조건 : 52.0°C → 57.0°C
열원유량 : 345 m³/h	열원유량 : 345 m³/h
압 축 기 : 스크류	냉 매 : R-407C

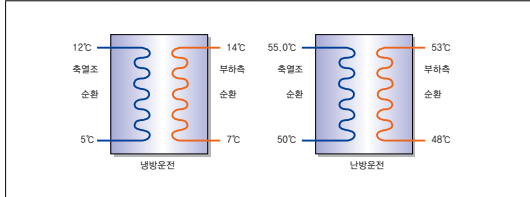


[그림 9] 히트펌프 설치 현황

열교환기 제원

- 부하측 열교환기
- 열교환기 형식 : 관형열교환기
 $\text{용량} = \text{피크부하} \div \text{대수}(4\text{대}) = 3,780,000 \text{ kcal/h}$
 $= 1,250 \text{ USRt}$

구분	용량 (USRt)	축열측 순환 (lpm)	부하측 순환 (lpm)
냉방시	1,250	9,000	9,000
난방시			9,000

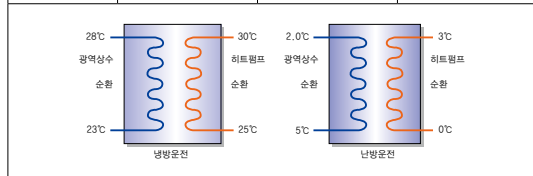


- 냉수수 열교환기
- 열교환기 형식 : 관형열교환기
 $\text{용량} = \text{히트펌프 냉방용량} = 1,542,119 \text{ kcal/h} \approx 510 \text{ USRt}(\text{여유 } 10\%)$

구분	용량 (USRt)	H/P 순환 (lpm)	축열조 순환 (lpm)
냉방시	510	3,550	3,550
난방시		4,717	4,717

- 광역상수측 열교환기
- 열교환기 형식 : 관형열교환기

구분	용량 (USRt)	광역상수순환 (lpm)	H/P 순환 (lpm)
냉방시	620	5,750	5,750
난방시		5,750	5,750



용량 = 히트펌프 냉방시 용량 + 냉방시 압축일량
 = 1,875,111 kcal/h ≒ 620 USRT(여유 10%)

펌프 제원 (그림 11)

구분	용도	용량	단위	수량
펌프	광역상수 가압펌프	인라인, 14,825 LPM x 90 kW	대	2
	광역상수 가압펌프	인라인, 10,507 LPM x 55 kW	대	2
	히트펌프 응축기용 열매체 순환펌프	인라인, 4,500 LPM x 30 kW	대	7
	히트펌프 증발기용 냉온수 순환펌프	인라인, 4,743 LPM x 22 kW	대	7
	수축열용 방냉펌프	인라인, 9,000 LPM x 30 kW	대	5
	수축열용 축냉펌프	인라인, 4,743 LPM x 15 kW	대	7

오토스트레이너 제작 및 선정

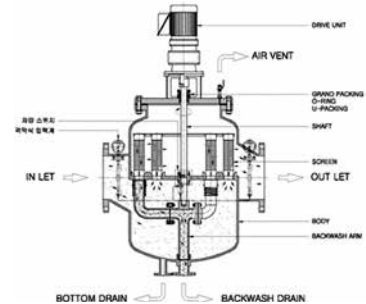
- 오토스트레이너의 세정수 공급 펌프 토출측 배관 중에 설치하여 슬러지 및 이물질을 제거하는 설비임(그림 12).
- 입·출구의 압력차이 및 타이머에 의한 자동 역세척식으로 이물질 배출 중에도 광역상수 공급의 중단이 없어야 하며, 주요 구성부로는 구동부, 케이싱, 광역상수실, 여과실, 여과드럼(스크린), 역세척 라인 및 조작 패널로 구성됨.

타 시스템 경제성 검토 조건

○○슈퍼타워의 광역상수를 이용하는 열원으로 사용가능한 시스템에 대한 냉온수유닛, 수운차 시스템, 수운차 수축열시스템, 빙축열시스템에 대한 4가지 조건의 동일열원을 이용하는 에너지 및 운영비용 절감을 위해 전체 시스템에 대한 경제성 검토를 수행하였다.



[그림 11] 펌프류 설치 현황



[그림 12] 오토스트레이너 설치 현황

냉온수 유닛 시스템 운전비 산정

번호	공 종	모 델	수량	전력소비(kW)		가스소비량(Nm ³ /h)		전력소비 합계(kW)		가스소비 합계(Nm ³ /h)	
				냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방
1	냉온수 유닛	1,000 RT	5	23.5	7.5	285	285	117.5	37.5	1,425	1,425
2	냉각탑	1,400 RT	5	45				225	-		
3	냉각수 순환펌프	17,000 lpm x 50m	5	250				1250	-		
합 계								1,475	38	1,425	1,425

구분	사용월	가동일수 (일)	냉난방 시간(h)	장비 가동율	장비가동 시간(h)	냉방소비 전력(kWh)	난방소비 전력(kWh)	냉방 가스 소비량(Nm ³)	난방 가스 소비량(Nm ³)	전력단가 (원/kWh)	도시가스 단가(원/m ³)	전력사용 요금(원)	도시가스 이용 요금(원)
난방	1월	29	12	100%	348		13,050	495,900	79.0	711	1,030,950.0	352,584,900	
	2월	26	10	100%	260		9,750	370,500	79.0	711	770,250.0	263,425,500	
	3월	29	5	100%	145		5,438	206,625	63.1	711	343,106.3	146,910,375	
냉방	4월	28	10	100%	280	413,000		399,000	63.1	711	26,060,300.0	283,689,000	
	5월	29	10	100%	290	427,750		413,250	63.1	400	26,991,025.0	165,300,000	
	6월	28	12	100%	336	495,600		478,800	63.1	400	31,272,360.0	191,520,000	
	7월	29	12	100%	348	513,300		495,900	86.1	400	44,195,130.0	198,360,000	
	8월	29	12	100%	348	513,300		495,900	86.1	400	44,195,130.0	198,360,000	
	9월	28	12	100%	336	495,600		478,800	63.1	400	31,272,360.0	191,520,000	
	10월	29	10	100%	290	427,750		413,250	63.1	711	26,991,025.0	293,820,750	
난방	11월	28	5	100%	140		5,250	199,500	79.0	711	414,750.0	141,844,500	
	12월	29	12	100%	348		13,050	495,900	79.0	711	1,030,950.0	352,584,900	
합 계					3,469	3,286,300	46,538	3,174,900	1,768,425	867	6,977	234,567,336	2,779,919,925
전기 기본요금					최대 소비전력 x 기본요금 단가(6510원) x 12개월							115,227,000	
년간 에너지사용비용					전력 사용요금 + 원수요금 + 전기 기본요금							3,129,714,261	

수온차 시스템 운전비 산정

번호	공 종	모 델	수량	전력소비(kW)		원수또는가스 필요량(m ³ /h)		전력소비 합계(kW)		원수 또는 가스 합계(m ³ /h)	
				냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방
1	판형 열교환기	500 RT	6			302.4	302.4			1,814	1,814
2	히트펌프	500 RT	6	328	603			1,968	3,618		
3	열매체 순환펌프	3,400 lpm x 28m	12	18.5	18.5			222	222		
4	원수 가압펌프	10,000 lpm x 50m	3	13.2	13.2			40	40		
5	터보냉동기	1,000 RT	2	669				1,338	-		
6	냉각탑	1,200 CRT	2	45				90	-		
7	냉각수펌프	13,000 lpm x 50m	3	118				236	-		
8	보일러	2,600,000 kcal/h	2		19		300		57		600
합 계								3,894	3,937	1,814	1,814

구분	사용월	가동일수 (일)	냉난방 시간(h)	장비 가동율	장비가동 시간(h)	냉방소비 전력(kWh)	난방소비 전력(kWh)	냉방원수량 (m ³)	난방원수량 (m ³)	전력단가 (원/kWh)	난방 가스 소비량(Nm ³)	전력사용 요금(원)	가스 및 원수열 이용 요금(원)
난방	1월	29	12	100%	348	1,369,937		631,411		79.0	208,800	108,225,007.2	148,456,800
	2월	26	10	100%	260		1,023,516		471,744	79.0	156,000	80,857,764.0	110,916,000
	3월	29	5	100%	145	570,807			263,088	63.1	87,000	36,017,921.7	61,857,000
냉방	4월	28	10	100%	280	1,090,208		508,032		63.1		68,792,124.8	
	5월	29	10	100%	290	1,129,144		526,176		63.1		71,248,986.4	
	6월	28	12	100%	336	1,308,250		609,638		63.1		82,550,549.8	
	7월	29	12	100%	348	1,354,973		631,411		86.1		116,663,158.1	
	8월	29	12	100%	348	1,354,973		631,411		86.1		116,663,158.1	
	9월	28	12	100%	336	1,308,250		609,638		63.1		82,550,549.8	
	10월	29	10	100%	290	1,129,144		526,176		63.1		71,248,986.4	
난방	11월	28	5	100%	140	551,124			254,016	79.0	84,000	43,538,796.0	59,724,000
	12월	29	12	100%	348	1,369,937		631,411		79.0	208,800	108,225,007.2	148,456,800
합 계					3,469	8,674,941	4,885,321	4,042,483	2,251,670	867	744,600	986,582,009	919,410,600
전기 기본요금					최대 소비전력 x 기본요금 단가(6510원) x 12개월							304,168,032	
년간 에너지사용비용					전력 사용요금 + 원수요금 + 도시가스요금 + 전기 기본요금							2,210,160,641	

수은차 수축열시스템 운전비 산정

번호	공종	모델	수량	전력소비(kW)		원수 필요량(m ³ /h)		전력소비 합계(kW)		원수량 합계(m ³ /h)	
				냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방
1	판형열교환기	500 RT	6				302.4		302.4		
2	히트펌프	500 RT	6	328	603			1968	3,618		
3	열매체 순환펌프	17,000 lpm x 30m	12	18.5	18.5			222	222		
4	원수가압펌프	17,000 lpm x 50m	3	13.2	13.2			39.6	158		
5	축냉펌프	5,040 lpm x 16m	6	22.5	22.5			135	270		
6	방냉펌프	8,960 lpm x 16m	4	37.5	37.5			150	150		
합 계								2,515	4,418	1,814	1,814

구분	사용월	가동일수 (일)	냉난방 시간(h)	장비 가동율	장비가동 시간(h)	냉방소비 전력(kWh)	난방소비 전력(kWh)	냉방 원수량 (m ³)	난방 원수량 (m ³)	전력단가 (원/kWh)	원수 단가(원/m ³)	전력사용 요금(원)	원수열 이용 요금(원)
난방	1월	29	12	100%	2321	1,025,069		420,941		70.6		72,369,857.3	
					290	1,281,336		526,176		52.1		66,757,605.6	
	2월	26	10	100%	156	689,270		283,046		70.6		48,662,490.2	
냉방	3월	29	5	100%	260	1,148,784		471,744		52.1		59,851,646.4	
					581	256,267		105,235		70.6		18,092,464.3	
	4월	28	10	100%	290	1,281,336		526,176		52.1		66,757,605.6	
					168	422,453		304,819		70.6		29,825,167.7	
	5월	29	10	100%	280	704,088		508,032		37.9		26,684,935.2	
					1741	437,540		315,706		70.6		30,890,352.2	
	6월	28	12	100%	290	729,234		526,176		37.9		27,637,968.6	
난방	7월	29	12	100%	224	563,270		406,426		70.6		39,766,890.2	
					280	704,088		508,032		37.9		26,684,935.2	
	8월	29	12	100%	2321	583,387		420,941		70.6		41,187,136.3	
					290	729,234		526,176		37.9		27,637,968.6	
난방	9월	28	12	100%	232	583,387		420,941		70.6		41,187,136.3	
					290	729,234		526,176		37.9		27,637,968.6	
	10월	29	10	100%	224	563,270		406,426		70.6		39,766,890.2	
					280	704,088		508,032		37.9		26,684,935.2	
난방	11월	28	5	100%	174	437,540		315,706		70.6		30,890,352.2	
					290	729,234		526,176		37.9		27,637,968.6	
12월	29	12	100%	232	583,387		420,941		70.6		41,187,136.3		
				290	729,234		526,176		52.1		66,757,605.6		
합 계					5,572	8,620,049	9,473,050	6,219,763	3,890,074	1,373		997,663,943	390,000,000
전기 기본요금					심야요금제 : 최대 소비전력 x 5,710 x (주간 사용 전력량/총 사용전력량)							114,341,056	
년간 에너지사용비용					전력 사용요금 + 원수요금 + 전기 기본요금							1,502,004,999	

빙축열시스템 운전비 산정

번호	공 종	모 델	수량	전력소비(kW)		원수 필요량(m³/h)		전력소비 합계(kW)		원수량 합계(m³/h)	
				냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방	냉방	난방
1	팬형열교환기	500 RT	6			302.4	302.4			1,814	1,814
2	히트펌프	500 RT	6	328	603			1968	3,618		
3	열매체 순환펌프	17,000 lpm x 30m	12	18.5	18.5			222	222		
4	원수기압펌프	17,000 lpm x 50m	3	13.2	13.2			39.6	158		
5	축냉펌프	5,040 lpm x 16m	6	22.5	22.5			135	270		
6	방냉펌프	8,960 lpm x 16m	4	37.5	37.5			150	150		
합 계								2,515	4,418	1,814	1,814

구분	사용월	가동일수 (일)	냉난방 시간(h)	장비 가동율	정비가동 시간(h)	냉방소비 전력(kWh)	난방소비 전력(kWh)	냉방 원수량 (m³)	난방 원수량 (m³)	전력단가 (원/kWh)	원수 단가(원/m³)	전력사용 요금(원)	원수열 이용 요금(원)
난방	1월	29	12	100%	232	1,025,069	290	420,941	526,176	70.6	52.1	72,369,857.3	66,757,605.6
	2월	26	10	100%	156	689,270	260	283,046	471,744	70.6	52.1	48,662,490.2	59,851,646.4
	3월	29	5	100%	58	256,267	290	105,235	526,176	70.6	52.1	18,092,464.3	66,757,605.6
냉방	4월	28	10	100%	168	422,453	280	304,819	508,032	70.6	37.9	29,825,167.7	26,684,935.2
	5월	29	10	100%	174	437,540	290	315,706	526,176	70.6	37.9	30,890,352.2	27,637,968.6
	6월	28	12	100%	224	563,270	280	406,426	508,032	70.6	37.9	39,766,890.2	26,684,935.2
	7월	29	12	100%	232	583,387	290	420,941	526,176	70.6	37.9	41,187,136.3	27,637,968.6
	8월	29	12	100%	232	583,387	290	420,941	526,176	70.6	37.9	41,187,136.3	27,637,968.6
	9월	28	12	100%	224	563,270	280	406,426	508,032	70.6	37.9	39,766,890.2	26,684,935.2
	10월	29	10	100%	174	437,540	290	315,706	526,176	70.6	37.9	30,890,352.2	27,637,968.6
	11월	28	5	100%	56	247,430	280	101,606	508,032	70.6	52.1	17,468,586.2	64,455,619.2
	12월	29	12	100%	232	1,025,069	290	420,941	526,176	70.6	52.1	72,369,857.3	66,757,605.6
	합 계					5,572	8,620,049	9,473,050	6,219,763	3,890,074	1,373		997,663,943
전기 기본요금		심야요금제 : 최대 소비전력 x 5,710 x (주간 사용 전력량/총 사용전력량)											
년간 에너지사용비용		전력 사용요금 + 원수요금 + 전기 기본요금											
												1,502,004,999	

결론

○○슈퍼타워의 에너지절약형 시스템 경제성 검토결과 표 1과 같이 나타내었다.

검토결과를 살펴보면, 수온차 수축열시스템 적용으로 추가비용이 약 120억 원 정도가 소요되며 5,000 USRT 수온차 시스템 설치로 인해 수자원공사 지원금으로 약 28억 원과 한전의 8억 정도가 무상으로 지원되어 ○○슈퍼타워 투자비가 약 84억이며, 타제품의 시스템의 투자비 및 산출가는 표 1과 같다

투자비 및 운전비 요금은 모두 검토 당시인

2010년 기준으로 하였으며 지금 비교하게 되면 더 많은 차이가 날 것으로 사료된다.

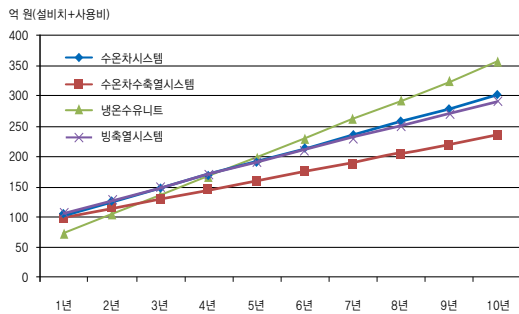
따라서 순 투자비 대비 연간 절감액으로 단순 회수년도를 산출할 때 약 3년이며, 그 이후부터는 광역상수를 이용한 수온차 수축열시스템 적용으로 에너지비용¹⁾을 절감할 수 있다.

1 TOE란, kl, t, m³, kW 등 여러 가지 단위로 표시되는 각종 에너지원들을 원유 1톤이 발열하는 칼로리를 기준으로 표준화한 단위. 1 TOE는 원유 1톤(7.41 배럴)의 발열량 1,000만 kcal가 기준이 되며 석탄 1.55톤, 천연가스 1,150 m³에 해당된다. TOE는 최근 에너지 과소비 현상을 총체적으로 표현하는 단위로 많이 사용되어 관심을 끌고 있는데, 지난 수년간 우리나라의 에너지소비 증가율은 세계 최고수준으로 집계되었다.

〈표 1〉 열원종류별 시스템의 투자비용 운전비용 비교

(단위 : 억 원)

구 분		수온차 시스템	수온차 수축열시스템	냉온수 유닛	빙축열시스템
순 초기투자비		80.2	84.2	41.9	85.7
투자비 차액		▲38.3	▲42.3	비교 기준	▲43.8
년간 유지비	전기 사용요금	9.87	9.98	2.35	6.40
	전기 기본요금	3.04	1.14	1.15	0.80
	가스료	5.29	-	27.80	13.24
	원수열이용요금	3.90	6.27	-	-
	감가상각비	6.43	6.75	5.43	8.26
	유지관리비	0.9	0.9	2.5	1.5
	합 계	29.43	25.04	39.23	30.20
운전비 차액		▼ 9.79	▼ 14.19	비교 기준	▼ 9.03
회수기간(년)		3.9	3.0	비교 기준	4.9
에너지사용량	KWh	13,560,261	18,093,098	3,332,838	11,951,731
	Nm ³	744,600	-	4,943,325	1,861,500
	TOE	3,701 TOE	3,890 TOE	5,932 TOE	4,534 TOE
CO ₂ 사용량	TCO ₂	7,692 TCO ₂	8,048 TCO ₂	12,509 TCO ₂	9,468 TCO ₂



맺음말

세계적인 크기로 준공 중인 ○○슈퍼타워는 세계적인 에너지 부족에 대응하기 위하여 미활용에너지를 이용할 수 있는 5,000 USRT 본 설비를 준공하였다. 현재 완성단계로서 시운전을 완료하였다.

○○슈퍼타워에 사용할 수 있는 시스템은 총 4가지로서 냉온수유닛, 수온차시스템, 수온차 수축열시스템, 빙축열시스템에 대한 4가지 조건을 비교하였고, 수온차 수축열시스템의 경제성이 우수

하였다.

수온차 수축열시스템은 미활용에너지 사용시스템으로서 팔당댐에서 정수조로 가는 미활용에너지를 이용하여 냉방과 난방이 모두 가능하며 초기 투자금은 조금 높을지 모르지만 4년 이후부터는 투자비 대비하여 다른 3가지의 방법보다 뛰어난 운전비 절감을 가져올 수 있다.

또한 미활용 에너지 시스템 광역상수 도입을 통한 수자원공사의 지원금 28억 원과 한전의 2,000 USRT 축열조를 도입을 통한 8억 원의 지원을 통한 실제 시스템 비용은 85억으로 현재 설비 투자금 회수 기간은 3년으로 회수가 가능하였다.

에너지 사용량을 TOE 분석하면 광역상수를 이용한 수온차 수축열시스템은 냉온수유닛을 이용하는 시스템 대비 약 36% 절감되었다.

본 시설은 심야전력을 이용하여 에너지를 저장할 수 있어 주간의 전력피크를 감소시킬 수 있으며 또한 빙축열시스템과 달리 1년 내내 사용이 가능

하여 건물 내의 냉난방에 크게 기여할 것이며, 에너지 부족이 심각한 우리나라에 큰 도움이 되리라 기대된다.

참고문헌

1. 분석, 2013, 대한기계학회 논문집 B권, Vol. 37, No. 5, pp. 467-472.
2. 정재동, 박주혁, 조성환, 2004, 축열조 성능에 미치는 디퓨저 형상의 영향, 설비공학논문집 Vol. 16, No. 4, pp. 374-383.
3. 진상준, 이충환, 정진택, 2013, 수축열시스템을 이용한 입구공기냉각에 의한 가스터빈 시스템의 성능 및 경제성 분석, 유체기계 연구개발 발표회 논문집, pp. 121-122.
4. 최병윤, 1996, 수축열 열펌프 시스템-복합빌딩에서의 폐열회수, 대한설비공학회 강연회 및 기타간행물, pp. 27-61.
5. 최병윤, et al., 2004, 지열원을 이용한 수축열식 히트펌프 냉난방시스템의 실증연구, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, pp. 81-81.
6. 최병윤, et al., 2003, 지열원 축열식 히트펌프시스템에 관한 실증연구, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, pp. 37-37.
7. 박정환, et al., 2008, 주거용 건물에 적용된 지하수 이용 지열 히트펌프 시스템의 냉방성능에 관한 연구, 대한건축학회 논문집-계획계 24.3, pp. 273-280.
8. Ito, K., R. Yokoyama and T. Shiba, 1992, Optimal operation of a diesel engine cogeneration plant including a heat storage tank, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 114, No. 4, pp. 687-694.
9. Kaygusuz, Kamil, 1995, Experimental and theoretical investigation of latent heat storage for water based solar heating systems, Energy conversion and management, Vol. 36, No. 5, pp. 315-323.
10. Stritih, Uroš, 2003, Heat transfer enhancement in latent heat thermal storage system for buildings, Energy and Buildings, Vol. 35, No. 11, pp. 1097-1104.
11. Boulard, T., E. Razafinjohany and A. Baille, 1989, Heat and water vapour transfer in a greenhouse with an underground heat storage system part I. Experimental results, Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 45, No. 3, pp. 175-184.
12. 박태진, 조용, 박진훈, 2010, 물-물 히트펌프 시스템의 저온 열원에 대한 냉매 사이클 특성, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, pp. 1389-1394. ❄️