

아파트 고가수조 자동급수장치를 이용한 전력피크 감소 및 전력시장에서의 효과 분석

이재걸*, 이윤경* 조원우**
 한전 전력연구원*, 한전 경기지사**

The Technology of Peak Demand Reduction using Automatic Water Tank Pumping System on the Apartment And Analysis of Effect of Energy Cost

(Lee Jae-gul*, Lee yun-kyoung*, Cho won-woo**)
 Korea Electric Power Research Institute (KEPRI)*, KEPCO**

Abstract - This paper introduce the technology of peak demand reduction using automatic water tank pumping system on the apartment. That systems on the apartments installed water tank can control pumping(electricity) demand. Generally, system peak demand is occurred at the same time on workday and many water pumps consume electric power randomly. At this point, shift of operating time of water pump can reduce peak demand using automatic water tank pumping system. We were operating this system on some apartments for test of effect of peak demand reduction. and we represent result of demand shift. This result suggests that spread of the automatic water pumping system can contribute to reduce system peak demand and reduce system operation cost.

를 고가수조에 설치하고 이 센서의 상위레벨과 하위레벨사이 에 수위가 유지될 수 있도록 펌프를 동작시키는 제어반(C)를 설치하여 운영하는 설비이다.

고가수조 펌프 가동시간의 조정을 위하여 자동급수제어 장치를 설계, 시작품을 제작하여 실제로 실험대상 아파트에 설치하였다. 이 자동급수제어장치는 최대부하시간대로 설정된 시간에 펌프가 작동하지 않도록 최대부하시간대 직전에 고가수조의 수위가 최대가 되도록 고가수조의 수위와 상관없이 미리 펌프를 작동시키는 기능을 가지고 있으며, 과부하 방지 및 펌프의 효율적인 운영을 위하여 펌프별로 제어장치를 설치하였다. 아래의 그림에서 S1은 하부수위 센서, S2는 상부수위 센서이며, MC는 차단기이다.

1. 서 론

계통에서 피크수요가 나타나는 시간은 전체시간에 비하여 매우 적은 시간이지만, 피크수요를 공급하기 위하여 투자되어야 하는 비용은 매우 크다. 이것을 다르게 생각하면 피크수요를 감소 또는 다른 비 피크시간대로 분산시키는 수요관리의 가치가 높음을 알 수 있다.

본 논문은 위에서 설명한바와 같은 수요관리의 한 종류로서 아파트에서 일반적으로 사용하고 있는 고가수조에 대한 제어를 통하여 피크수요를 분산시킬 수 있는 프로그램을 소개하고 본 프로그램에 대한 실증적인 결과 및 국가측면에서의 비용저감효과를 분석하였다.

아파트 또는 5층 이상의 건물에서 상수도용으로 지하와 옥상에 수조를 설치하고 펌프를 이용하여 옥상수조로 수돗물을 올려서 사용하는 고가수조방식을 일반적으로 사용하고 있다. 현재 아파트에 사용되고 있는 고가수조용 펌프는 약 70,600여 개로 추정이 되며[1], 펌프의 일반적인 용량은 15[kW]를 사용하기 때문에 수요관리의 잠재량으로는 매우 큰 수요라고 할 수 있으며 충분한 연구가치가 있다고 할 수 있다. 고가수조에 대한 제어의 피크수요 감소 효과를 분석하기 위해서 본 논문에서는 제안 된 수요관리 프로그램의 특징을 반영할 수 있는 방법을 사용하여 그 결과를 분석해보았다.

2. 본 문

2.1. 고가수조의 개념 및 설치사례

아래의 그림1에서 볼 수 있듯이 아파트의 지하에 저수조(T)를 설치하고 옥상에 고가수조를 설치하여 펌프(P)로 저수조의 물을 고가수조로 올려서 적절한 수압을 유지시키면서 급수하는 설비이다. 여기에서 고가수조의 수위를 측정하는 수위센서

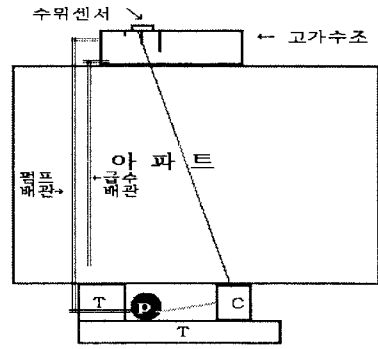


그림 1. 고가수조의 개념도
 Fig 1. Concept of Water pumping system

아래의 그림2는 위에서 설명한 자동급수제어장치의 실제 설치 모습이다.

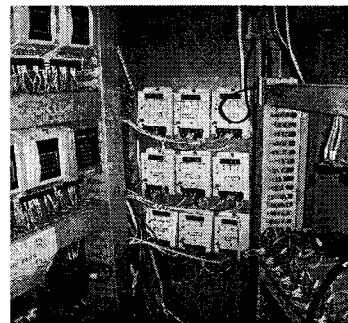


그림 2. 자동급수제어장치의 설치모습
 Fig 2. Picture of Automatic pumping control system

2.2. 고가수조펌프 부하의 잠재량

고가수조의 잠재량 산정을 위하여 건설교통부의 '03년 12월 통계자료를 이용해 아파트에 대한 설비용량만을 산정한 결과는 다음과 같다. 여기에서 펌프의 수량은 다소 보수적으로 분석하기 위하여 보급률을 75%로 가정하였다.

표 1. 고가수조의 잠재량 산정근거
Table 1. Data for estimation of pump capacity

구분	아파트동수	펌프수량	펌프용량	총 설비용량
값	94,122[호]	70,600[개]	15[kWh]	1,059[MW]

위에서 산정한 잠재량(Potential Capacity[MW])은 전체건물 중에 아파트만을 대상으로 하였으며, 아파트 중에서도 보급률을 75%로 가정하여 매우 보수적인 결과라고 할 수 있다. 또한 이 모든 잠재량이 동시에 가동되는 것이 아니기 때문에 실제로 고가수조 펌프수요가 계통피크시간에 가동되는 경우는 이 보다 작은 수밖에 없다. 본 연구에서는 계통 피크시간대에 고가수조 펌프수요가 발생할 확률을 AMR(원격검침)설비를 이용하여 건본 아파트의 산업용(을)고압부하의 운전패턴을 조사한 결과 약 22%의 펌프가 본 연구에서 설정한 피크부하시간대인 10:00-12:00, 14:00-17:00 사이에 운전되는 것으로 조사되었다. (측정데이터의 개수와 측정시간이 작아 신뢰도는 다소 낮음) 이 자료를 이용해서 피크시간대 발생할 수 있는 고가수조 펌프수요는 전국적으로 233[MW](1,059[MW]×0.22)인 것으로 추정할 수 있다.

2.3. 최대수요 감소효과

자동급수제어장치를 시험적으로 설치한 아파트에서 피크시간대(10:00-12:00,14:00-17:00)를 설정하고 그 운전결과를 펌프전원에 대한 전압측정결과를 이용해서 분석하였다.

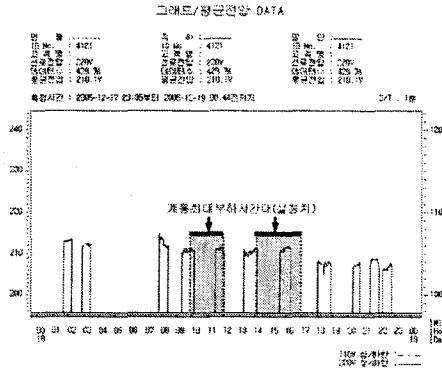


그림 3. 자동급수제어장치 설치 전 작동패턴
Fig. 3. Recorded Voltage wave before installation

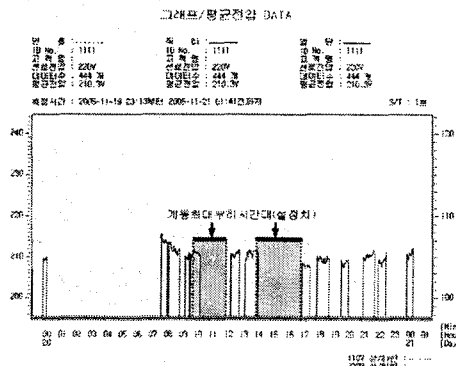


그림 4. 자동급수제어장치 설치 후 작동패턴
Fig. 4. Recorded Voltage wave after installation

위의 측정결과에서 피크시간대에 작동하던 고가수조펌프가 피크시간 전과 후로 이동 되어 가동되는 것을 알 수 있다. 정확한 효과분석을 위해서는 동일한 일자에 동일한 아파트의 고가수조를 대상으로 해야 하지만 사실상 불가능하기 때문에 유사한 생활패턴을 고려하여 동계 평일 24시간에 대하여 측정하고 분석한 결과이다. 또한 많은 아파트를 대상으로 많은 요일에 대하여 측정을 해야 하지만 현재 추진 중인 단계이기 때문에 측정대상 아파트의 숫자가 적고, 측정데이터의 개수가 적다는 제한적인 사항이 있으나, 고가수조의 펌프부하에 대한 이동효과를 확실하게 나타나고 있는 결과라 할 수 있다.

이 고가수조를 이용한 최대수요 감소는 타 수요관리와는 다르게 그 효용은 일정하게 유지하면서 계통운영비용을 감소시키는 방안이다. 즉 아파트주민들의 상수도 사용에 대한 불편이 없이 피크수요의 감소효과를 기대할 수 있음을 의미한다.

2.4. 경제적 영향 분석방법

전술한 바와 같이, 본 논문에서는 제안된 수요관리 프로그램의 특징인 최대수요 시간대의 펌프수요 이동을 고려할 수 있는 경제적인 효과분석 방법을 이용하여 분석하였다.

본 논문에서 제안된 수요관리 프로그램과 타 수요관리 프로그램(효율향상 프로그램 제외)과의 차이점은 다음과 같다.

구분	기존 수요관리	제안된 수요관리
최대수요 감소방법	최대수요의 사용을 억제하여 감소	최대수요 시간대의 전력수요를 피크시간대로 이동시켜 수요억제
부하율개선	-	부하율의 개선 기대
소비자효용	감소 (전력사용의 제한)	유지 (동일한 전력사용)

표 2. 제안된 수요관리와 기존의 수요관리 비교
Table 2. Comparison of proposed with existing program

본 수요관리 프로그램은 단순히 최대수요를 감소시키는 것이 아니라 최대수요 발생시간대에 발생하는 펌프수요를 비 최대수요 시간대로 이동시키는 것이기 때문에 이러한 특성을 고려하여 경제적인 영향을 분석하기 위해서는 시계열분석이 필요로 된다. 이 때문에 본 논문에서는 전력시장분석모형을 이용한 시장측면에서의 수요관리 효과분석방법을 제안하였다.

미국의 EPRI에서 개발한 시장모델인 FastForward를 사용하였으며, 우리나라의 계통 및 발전기의 특성을 모델링하기 위해서 과거시간대의 자료는 전력시장 운영실적 및 자료를 활용하였으며 미래시간대에 대한 자료는 3차 수급기본계획을 기반으로 작성하였다.

본 경제성분석에서는 제안된 수요관리량이 가격결정계획에서 사용하는 수요예측에 반영된다는 것을 전제하고 있으며, 예측수요의 감소로 인하여 시장가격(SMP)가 변화하고 시스템전체 비용이 변화하는 것을 모의하고자 하는 것이다.

이 모델의 결과를 검증하기 위하여 2005년도 시장운영실적과 모델의 출력을 비교한 결과 실제시장운영실적과 다소의 차이는 보이지만 모델링에서 세밀한 부분을 제외한 것을 고려하면 매우 유사한 결과로 분석되었다. 다음의 그림7은 2005년도 실제 SMP(계통한계가격)실적과 본 모델의 결과를 비교한 것이다.

3. 결 론

우리나라는 에너지 부존국가로써 발전원으로 사용되는 화석 연료의 국외의존율은 97.3%에 달하고 있으며, 고유가가 계속되고 있기 때문에 에너지사용의 감소와 효율적인 시스템운영이 필수적으로 요구되고 있다. 이에 수요관리 및 효율향상 프로그램을 통하여 전력피크 및 전력소비를 감소시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 많이 진행되고 있으며, 본 연구도 이러한 취지에서 시작되었다.

고가수조의 경우 그 잠재량이 매우 크고, 타 수요관리의 경우와 같이 개개의 수용가에 설비를 설치하는 것이 아니라 아파트 단지별로 설치가 되는 설비이기 때문에 그 효과가 매우 클 것으로 예상되는 기술이다. 또한 소비자의 편의의 감소 없이, 즉 아파트 주민들의 수도사용에 대한 불편 없이 전력수요를 이동시킬 수 있기 때문에 원격제어 에어컨이나, 기타 수요관리의 경우와 달리 수용가들에게 적은 보상으로도 적용이 가능할 것으로 예상된다.

현재 본 연구가 소수의 아파트에 대한 시험적인 적용만을 수행한 제한적인 결과이지만, 추후 더 많은 사례분석을 통하여 보다 정확한 정보의 수집과 예외적인 상황에 대한 분석을 수행할 것이며, 이를 통한 국가적 편의의 산정과 경제성을 분석하고 타당한 결과의 도출을 한전의 수요관리 프로그램으로 추진할 계획이며, 이에 대한 정확하고 많은 데이터를 취득하여 보다 더욱 정확하고 신뢰성 있는 경제적 효과를 분석할 것이다.

또한 본 논문에서 제안한 경제적 효과분석방법은 이 수요관리 프로그램의 특성을 고려할 수 있으며, 시장측면에서의 분석뿐 아니라 국가전력산업측면에서의 분석도 가능하다는 장점을 가지고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 신승우, 공동주택시설개론, 청문각, 2004
- [2] 건교부, 통계자료, www.moct.go.kr
- [3] Steven Stoft, "Power System Economics", IEEE Press, 2002

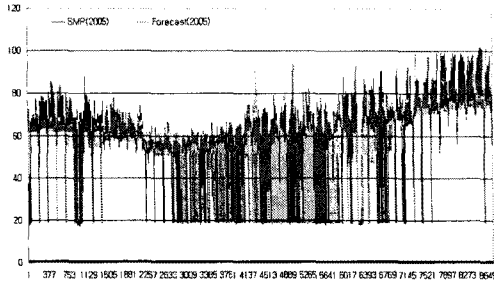


그림 5. SMP와 Fastforward결과 비교
Fig 5. Comparative Analysis of Market Price

여기에서 실제SMP와 분석결과의 차이는 준고정비용(기동비용 및 무부하비용)을 모델링하지 못하였기 때문에 발생하는 것으로 분석되었다.

이렇게 구성 된 시장모델에 2.3장에서 측정한 1개 아파트의 결과를 이용하여 최대수요 감소효과를 모의해본 결과는 다음과 같다. 아래의 표 3은 2005년도의 분석결과로 수요관리 프로그램으로 인하여 최대수요 발생시간대(10-12, 14-17)의 시장가격이 변화한 횟수와 평균적인 변화량을 것을 보여주고 있다.

표 3. 제안된 프로그램으로 인한 SMP 변화회수 및 변화량
Table 3. Variation of SMP due to the proposed program

시간	시간대별 SMP변화횟수 [회]	평균변화량 [원/kWh]
9	39	1.63
10	39	-0.41
11	37	-0.13
12	49	-0.29
13	36	0.47
14	36	-0.30
15	31	-1.13
16	32	-0.42
17	22	-0.18
계	438	0.66

아래의 그림8은 2005년 2월 19일의 SMP모의결과를 보여주고 있다. 이 결과에서 오전12시에 SMP가 0.75원/kWh 오후5시에 1.7원/kWh가 감소된 것을 볼 수 있으며, 13시에는 오히려 1.23원/kWh가 상승된 것으로 알 수 있다. 그러나 표4에서 볼 수 있듯이 전체적으로 에너지 정산금액은 감소하는 것을 알 수 있다.

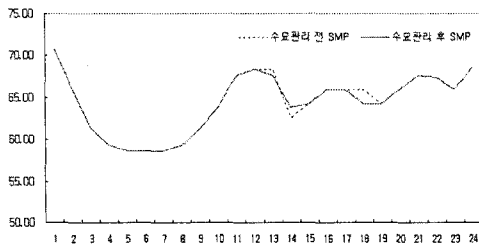


그림 6. SMP와 Fastforward결과 비교
Fig 6. Comparative Analysis of Market Price

표 4. 제안된 프로그램으로 인한 SMP 변화회수 및 변화량
Table 4. Variation of SMP due to the proposed program

전력구매비용 증가금액[억원]	전력구매비용 감소금액[억원]	총 감소금액 [억원]
93	155	62