

원격제어 에어컨 개발 보급현황 및 향후전망

강원구, 김충환*
한국전력공사 중앙교육원*

A development of direct load control system for air-conditioner

Choong-Hwan Kim*
Korea Electric Power Central Education Institute*

Abstract - In addition to the stabilization of electricity supply and the quality management of electricity, load balance has been an important strategy for achieving high quality load management. Among many techniques for load management, direct load management has been actively studied and applied for increasing the efficiency of power facility and suppressing peak load. In Korea, the highest peak load is demanded in summer rather than in winter, and almost 50% of the peak load comes from cooling load. Currently, applicable systems are limited to air conditioners that have the cooling capacity less than 2kW.

This paper describes the development of remote controlled air conditioners and the result of the field test of the new type air conditioner. The technical specification based on the test will be applied to the new model of the remote controlled air conditioner. The wide distribution of the air conditioners to the public will be helpful to control peak demand due to cooling load in summer time. Financial investment to generating, transmission, distribution facilities will be decreased from flattening the seasonal power load.

1. 서 론

여름철의 최대전력은 국민소득 증대에 따라 1960년대 초부터 1994년까지 연평균 14.5%의 꾸준한 성장을 하였다. 그리고 1994년에는 냉방수요가 대폭 늘어났으며, 그 당시 에어컨부하는 전체 냉방부하의 50%를 상회하기도 하였다. 그후, 경제위기로 인한 국내경기 침체 및 국민들의 절약의식 고취에 따라 하계 최대부하가 잠시 감소하는 이변을 보였지만, 최근 경제회복과 함께 소비심리가 점차 되살아나고 있는 상황에서 에어컨수요도 다시 급증하고 있다.

국내의 최대전력수요량은 1990년 1,725만 kW에서 1999년 3,729만 kW로 두 배 이상의 증가를 나타내었다. 이러한 추세라면 2005년에는 7,000만 kW 이상의 전력수요가 예상되어 전력공급설비 확충이 시급한 때이다. 그러나, 투자비용부담, 환경에 대한 관심과 규제 등의 증대, 지역이기주의에 의한 발전소 건설반대 등으로 인하여 공급설비 확충이 어려운 실정이다. 이에 따라, 수요관리기술에 초점을 맞추어 부하의 효율적인 관리에 노력을 기울이고, 전력공급의 안정성을 도모하면서 저비용으로 전력을 공급할 수 있는 직접제어관리방법이 필요하게 되었다.

본 연구는 여름철 냉방기 가동에 의해 가중되고 있는 최대 전력수요를 효과적으로 억제하기 위한 방안으로 에어컨부하를 직접 제어할 수 있는 기반을 조성하고자

하는 데 있다. 이를 통하여 전력수급비상시 에어컨부하를 사용 가능한 유효전력으로 대체하여 전력수요증가에 유연성 있게 대응하고 부하용 향상을 통한 투자비 절감과 전력수급 안정을 도모할 수 있을 것으로 사료된다.

제 2 장 직접부하제어 현황

2.1 국내 냉방기 시장동향 및 보급현황

2.1.1 최근 동향

1990년도 초까지 에어컨은 주로 사무실이나 부유층 가정에서 사용되었으나 1994도 여름의 혹독한 더위를 체험한 이후부터 에어컨은 서민층에까지 급속히 확산되기 시작하였다. 그러나 1997년도 11월에 불어닥친 IMF한파로 인하여 국내경기는 전체적으로 위축되었고, 이러한 여파는 에어컨 시장에도 크게 영향을 주었다.

그러나 에어컨의 대폭적인 할인판매, 고가 판촉물 제공과 평균기온이 25℃가 넘는 이상 고온 현상으로 폭귀 현상을 빚는 등 에어컨 수요도 점차 증가추세에 있다.

2.1.2 에어컨 시장의 규모와 전망

에어컨 보급률이 선진국에 비해 훨씬 낮아 수요 잠재력이 크고, 에어컨에 대한 인식이 사치품에서 생활필수품으로 기본성향이 바뀌면서 국내에서 에어컨 판매는 가속화되었다. 이제부터는 중하위층에서 성장세를 유지시킬 것으로 예상되며, 2000년에 들어와 경기가 회복됨에 따라 에어컨 판매량도 점차 증가추세에 있다.

2.2 직접부하제어 실시 현황

2.2.1 유럽국가의 실시 현황

직접부하제어 방식은 1960년대부터 불란서에서 개발되었으며, 1990년도 초기부터 독일, 영국, 불란서 등에서 가로등 및 온수기 등의 제어 목적으로 사용되기 시작하였다.

유럽에서의 직접부하제어는 우리가 추구하는 직접부하 제어와는 개념 자체가 다르다. 즉, 우리나라는 여름철 냉방기를 사용하는 시기에 침투부하가 발생되고 있어 하절기에 에어컨 제어에 목적을 두고 있으나, 유럽지역은 전기 난방기, 온수기 등을 많이 사용하는 동절기에 침투부하가 발생되어 동계부하를 제어할 목적으로 하고 있다. 또한 겨울철에 발생하는 침투부하 상태도 우리나라에서와 같이 전력계통에 심각하게 영향을 미칠 정도는 아니다.

2.2.2 일본의 직접부하제어 현황

1960년대에 유럽으로부터 리플방식을 도입하여 온수기 등을 제어할 목적으로 사용하여 왔으나 현재는 일부 지역에서 온수기만을 제어하고 있는 실정이다. 최근에 구주전력 가고시마 섬에서 광케이블 통신방식의 종합자동화시스템을 설치하여 에어컨의 직접부하제어, 전

력 및 수도 계량기의 자동검침, 선로개폐기의 원격제어 등 실증시험을 시행하였다. 이처럼 일본에서는 직접부하제어 실용화를 위하여 특정지역을 선정하며 1, 2차에 걸쳐 장기간 및 대규모 예산을 투자하여 실증시험을 지속적으로 시행하여 최적 시스템의 실용화를 추구하고 있다.

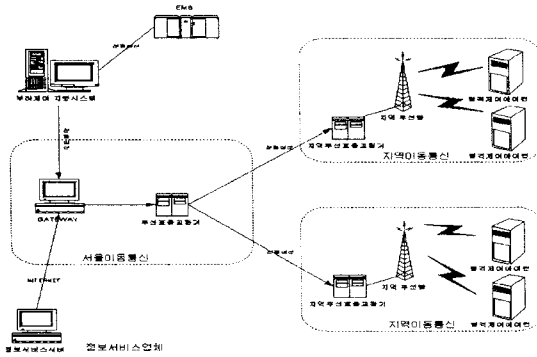
2.2.3 미국의 직접부하제어 현황

미국에서의 부하제어는 여름철에 냉방기, 온수기, 수영장 펌프, 비상 발전기를 대상으로, 겨울철에도 전기 온수기, 난방기, 의류 건조기 등을 대상으로 하고 있으며, 남부지역에서는 하계피크를 제어할 목적으로 북부 지역에서는 동계피크를 제어할 목적으로 직접부하제어를 시행하고 있다.

제 3 장 직접부하제어 시스템 개발

에어컨 직접부하제어시스템의 목적은 하계 피크전력 발생 시에 사용중인 에어컨을 원격으로 직접제어 함으로써 전력수요를 합리적으로 조절하여 전력공급을 위한 투자비를 억제하고 지연시키며 전력수요 증가에 유연성 있게 대응하고자 하는데 있다. 이러한 목적의 시스템을 갖추기 위해서는 에어컨에 동작제어 지령을 내리는 부하제어 시스템과 무선통신을 위한 게이트웨이시스템, 무선신호를 받을 수 있는 전용의 수신기 그리고 제어대상이 되는 에어컨 등이 전체 시스템의 범위 안에 놓이게 된다. 여기에서는 부하제어시스템의 프로그램개발 및 설계에 대해서 기술한다.

그림 3-1 직접부하 제어시스템의 전체 구성도



제 4 장 시범보급형 원격제어에어컨

4.1 원격제어 에어컨 설치

4.1.1 시범보급형 원격제어 에어컨 개요

표 4.1 원격제어에어컨 모델

구분	모델명	냉방 면적 (평)	냉방능력 (kCal/hr)	소비 전력 (kW)	시동 전류 (A)	운전 전류 (A)
센추리	PA-A4GG7KP	32	10,000	4.60	56	7.5
	PA-A5GG7KP	40	12,500	6.43	65.4	11
만도기계	MPA-0615KP	17	6,100	2.10	60	9.8
	MPA-0715KP	23	7,100	2.50	77	12
대우 캐리어	CA-2021HDKP	18	6,200	2.05	58	9.7
	CA-231HDKP	23	7,200	2.50	44	7.7
삼성전자	AP-6650KP	17	6,100	2.12	50	10.5
	AP-7650KP	23	7,200	2.42	50	10.5
LG전자	LP-253CAKP	18	6,100	2.10	53	10.2

시범보급형 부하제어용 에어컨은 소비자에게 구매의

욕을 고취시킬 수 있도록 각 에어컨 업체들과 협의 하에 적정 모델들을 선정하였으며 만도기계의 경우 에어컨에 정보서비스를 받을 수 있도록 하여 장점을 부각시켰다.

표 4.1과 같이 각 에어컨사에서 선정된 모델에 원격 수신장치 모듈을 부착한 원격제어에어컨 보급을 위하여 일반공모를 실시하였다.

4.2 원격제어 에어컨 실증시험

4.2.1 시험방법

6주동안 사용자의 불편을 줄이기 위하여 1주에 4일을 제어하며 오후와 저녁으로 나누어 2시간씩 제어했다. 또한 외기온도가 30℃ 이상일 때와 30℃ 미만일 때를 분리하여 제어함으로써 에어컨 사용상의 불편을 겪지 않도록 최대한 배려하였다.

제어 방법은 오후:13:30~15:30, 저녁:18:00~20:00로 나누어 하였으며 다음과 같은 형식으로 하였다.

총 6주 동안의 시험은 표 4.2와 같은 제어 일정으로 시행하였다.

먼저 7월19일 ~ 8월13일까지 4주 동안 OFF제어, 일괄온도제어, 총괄제어, 온도제어를 중심으로 운영하였으며 나머지 2주 동안에는 이들 시험기간동안 지나 태풍 혹은 기타 사정에 의하여 자료량이 적을 것이라 생각되는 제어를 추가로 하도록 계획을 세웠다.

표 4.2 제어 일정 요약표

구분	기간	제어 방법	비고
1주	7/19 ~ 7/23	OFF제어	
2주	7/26 ~ 7/30	일괄온도제어	
3주	8/2 ~ 8/6	총괄제어	
4주	8/9 ~ 8/13	온도제어	
5주	8/16 ~ 8/20	OFF, 일괄온도제어	실제 앞의 4주 내용중에서 부족한 제어를 이곳에서 실행
6주	8/23 ~ 8/27	총괄제어, 온도제어	

4.2.2 실내온도 변화조사 분석

데이터 기록장치는 현장에 설치된 에어컨 50대중 10%인 50대를 선정하여 에어컨의 동작 상태 및 온도 변화, 부하상태를 저장할 수 있는 기록장치로 제어 신호에 대한 변화를 1분 단위로 무선수신기의 수신율 및 에어컨 제어시 전력절감량 등을 기록하게 하였다.

4.3 원격제어에어컨 성능평가 분석

전체 50개의 데이터 중에서 무효데이터를 제외한 45개의 데이터를 가지고 분석하였다.

4.3.1 제어명령분석

제어명령분석

각 제어 명령에 대한 제어 성공률은 그림 4.2와 같이 전체적으로 약 83.7%의 성공률을 보이고 있다.

전체 내 가지 명령중 OFF제어와 일괄온도제어, 온도제어의 수신 성공률을 분석하였는데, 총괄제어의 경



그림 4.2 제어 명령별 성공률

우는 분석하는데 시간상 어려움이 있어 생략하였다.
 각 제어 군 별로 나간 제어에 대한 성공률은 표 4.3과 같다.
 표 4.3 제어 성공률 분석

수도권지역	성공	실패	%
OFF	68	6	91.9%
일괄온도	42	11	79.2%
온도	45	14	76.3%
계	155	31	83.3%

대전	성공	실패	%
OFF	14	2	87.5%
일괄온도	11	2	84.6%
온도	10	2	83.3%
계	35	6	85.4%

전체	성공	실패	%
OFF	82	8	90.9%
일괄온도	53	13	80.0%
온도	55	16	76.7%
계	190	37	83.3%

4.3.2 OFF제어시의 전력과 온도 변화 분석

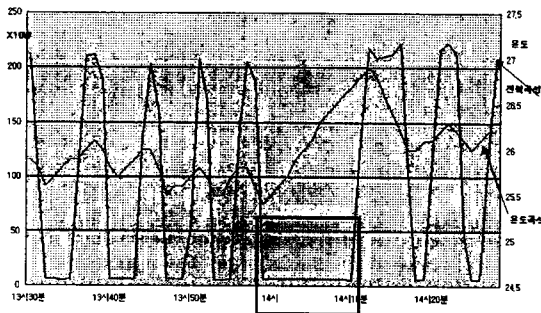


그림 4.3 OFF제어시의 전력과 온도 곡선(ID:484 14시정각, 10분동안 OFF 명령)

OFF제어는 에어컨을 설정된 명령시간동안 강제적으로 실외기를 정지시키는 제어 명령을 말한다. 그림 4.3에서 사각형 부분이 실제 제어 명령이 나간 시각(14:00)이며 이때 강제적으로 실외기가 정지되기 때문에 부하량이 급격히 감소하여 대략 0.06KW에서 제어 명령시간인 10분 동안 머물고 있는 것을 볼 수 있다. 또한 이 제어 명령 시간대의 온도 곡선에서 제어가 유지되는 10분 동안 대략 1도정도의 온도 상승이 있음을 알 수 있다. 또한 이러한 온도의 상승세는 대략 2분이 지난 뒤부터 정상적으로 에어컨이 동작을 하면 다시 감소되고 있는 것을 알 수 있다.

4.3.3 원격제어 에어컨의 절감 전력량 산출

원격제어용 에어컨의 최대 수요전력 발생시 실제 절감되는 전력을 정확히 계산하여 최대수요에 기여하는 정도를 파악하고자 전력절감량을 구해 보았다.

- (1) 여기에서 시험한 방법은 전국적으로 산재된 500대 에어컨중 10%에 기록장치를 부착하여 결과를 얻은 값으로 에어컨 가동률은 예상운전을 적용하였기 때문에 실제 절감량이 약간 변동될 수도 있는 값이 된다.
- (2) 10분 제어 결과 절전량
 - 에어컨 평균용량 : 시범보급에어컨(500대) 평균 전력 2.975KW

- 제어주기 : 10분제어 33%
- 에어컨 가동률 : 70%(예상 운전율 적용)
- 피크역제 : 2.9kW
- 냉각기 가동률 : 60%(시험결과)
- 에어컨당 절감전력 : 피크에어컨 용량×제어주기×가동률×냉각기 가동률
 $= 2.975kW \times 0.33 \times 0.7 \times 0.6 = 0.402(kW/대)$
- 평균 삭감률 : $\frac{0.402kW}{2.975kW} \times 100 = 13.5\%$
- (3) 실증시험 결과 절전량
 - 실증시험결과 33% 제어시 에어컨 대당 피크 절감량은 에어컨 용량의 14% 정도가 절감되는 것으로 평가된다.
 - 따라서 시험결과 평균 2.975kW의 에어컨은 제어시간에 따라 다음과 같은 전력을 절감할 수 있다.

제 5 장 결론

여름철의 최대전력은 국민소득 증대에 따라 1960년대 초부터 1994년까지 연평균 14.5%의 꾸준한 성장을 하였다. 그리고 1994년에는 냉방수요의 폭증이 발생되었으며, 그 당시 에어컨부하는 전체 냉방부하의 50%를 상회하기도 하였다.

본 논문에서는 직접부하제어를 구현하기 위해 원격제어 에어컨을 개발하고 현장에 개발된 에어컨을 500대 설치하여, 총 6주 동안 에어컨 OFF제어와 온도제어 등 다양한 실증시험을 통해 향후 보급을 위한 자료를 취득하여 분석하였다. 제어 성공률은 90.9%로 신뢰도가 상당히 높게 나타났으며, 전력절감량은 최대 1.2kW/대로 부하제어 효과가 크며, OFF 제어시 실내온도는 1.5℃ 정도 상승되는 것으로 나타났다. 설문조사 결과 약 8%정도가 불편을 느껴, 에어컨제어에 따른 소비자의 만족도는 상당히 높은 것으로 분석되었다.

따라서, 원격제어 에어컨의 보급을 확대시키면 여름철 냉방부하에 의해 가증되는 최대전력수요를 효율적으로 억제할 수 있을 것이며, 동·하계 부하평준화를 통한 부하를 향상으로 발·송·배전 설비에 대한 투자비가 절감되어 국가경제 발전에 크게 이바지 할 것으로 예상된다.

참고문헌

- 하계냉방부하 특성분석, '99. 12, 한국전력공사, 전원계 획처
- "수요관리제도의 지원금 수준조정성연구" 1999. 7, 한국전기연구소
- 경영통계, 1998, 한국전력공사
- '95년 전기전력수급 계획에 기초한 회피 발전비용 계산보고, 1996. 3, 전력경제처
- '95, '96 일본전기 신문 주요기사, 93, 일본해의 전력 조사회
- "투자사업을 위한 경제성 평가", 1994. 9, 한국전력공사 전력경제처
- DSM과 전기요금 규제, 1994. 6, 일본해의 전력조사회
- 직접부하제어 산업기술 보고서, 1994, COBA
- "전력수요관리", 1993. 9, 한국전력공사 영업처
- 강원구 : 전력의 수요측 관리방안, 93년도 하계학술대회 논문집(A), 대한전기학회, pp. 45~47, 1993. 7. 18~20
- Lester R.Brown : State of the World(지구환경보고서), Worldwatch Institute (도서출판 따님), pp.177~209, 1993. 9. 1
- C.S. Cheu, J.T.Leu : Interruptible control for Taiwan Power Company, IEEE Trans, Power System, Vol.5, No.2, pp.460~465, May 1990