

전력시스템 적정 부하율 산정을 위한 단위당 수요관리비용 추정 방안 연구

황성욱* 김정훈* 정영범** 윤용범**
*홍익대학교 **한전 전력연구원

A Study on the Estimations Method of Demand-Side Management Cost Per kW and/or kWh to Find Reasonable Load Factor

Sungwook Hwang* Junghoon Kim* Youngbeom Jung** Yongbeum Yoon**
*Hongik University **KEPRI

Abstract - To estimate reasonable load factor of power system both supply side and demand side of views should be considered. In the case of this study the demand side is considered and it is supposed that load curves depends on the load factor. The key point of this study is that the cost of demand-side management program per kW and/or kWh should be calculated.

한 단위당 수요관리 비용을 실무자가 손쉽게 산정할 수 있는 방법을 제안하였다.

1. 서 론

전 세계적으로 에너지 소비가 지속적으로 증가하고, 특히 최근 브라질, 러시아, 인도, 중국 등 BRICs 국가들의 경제 발전 위주의 정책으로 인해 사용 가능한 에너지 자원이 계속하여 감소함으로써, 지구 전체의 에너지 문제에 더욱 큰 영향을 미치고 있다. 또한, 이들 국가를 비롯한 에너지 문제에 직면한 국가들의 특징은 화석연료 사용으로 인한 온실가스 배출의 증가로 지구 환경을 악화시키고 있다는 것이다. 한편, 최근 전 세계적으로 유가가 배럴당 90달러(서부 텍사스산 중질유 기준)를 육박하여 머지않아 100달러를 넘어설 것으로 여러 에너지 및 경제 관련 전문가들이 예측하고 있다.

2. 전력시스템의 적정 부하율 산정

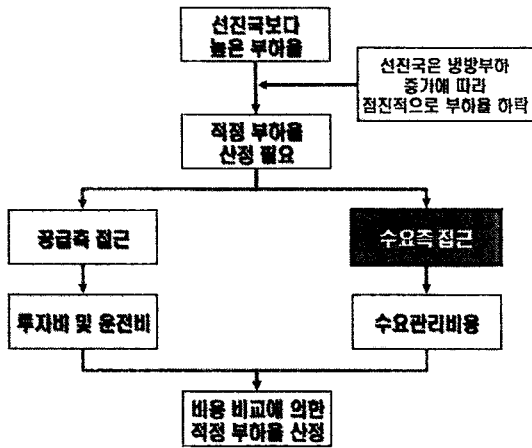
우리나라의 부하율은 선진국 및 여러 다른 국가에 비하여 높은 편으로 나타나고 있다. 주요 국가의 부하율은 다음과 같이 70% 이하로서, 특히 미국과 일본은 60% 이하로 선진국일수록 부하율이 낮아지는 경향이 있다. 우리나라는 외국과 비교하여 평균적으로 10% 정도 높은 부하율을 유지하고 있는데, 정책적으로 심야전력 제도와 같은 요금제도 및 다양한 수요관리 방안에 의하여 부하율을 높게 유지하고 있다고 할 수 있다. 그러나, 현상적으로 볼 때 선진국의 경우 냉방부하의 증가에 따라 점진적으로 부하율이 하락하고 있는 실정이다. 즉, 하절기 낮 시간대의 첨두부하 증가에 따라 부하율이 하락하고 있는 것이다. 우리나라 역시 국민들의 경제 수준이 높아지고 생활 패턴이 선진국형으로 변화함에 따라 냉방부하의 증가는 피할 수 없게 될 것이 자명하기 때문에 이에 대한 대책이 미리 강구되어야 할 것이다. 부하율이 높은 경우에는 대체로 운전비가 저렴한 형태의 전원설비 가동이 많은 전원 구성으로서 설비 이용에 있어서 효율적인 형태라고 볼 수 있다. 그러나, 전력시스템은 시시각각 변화하는 시스템의 다양한 상황에 따라 고려해야 할 요소가 많으므로 다양한 특성의 공급설비로 구성된다. 따라서 무조건 부하율이 높을수록 좋다고 할 수 없으며, 어떠한 적정 수준의 부하율 결정이 필요하다고 할 수 있다. 또한, 요금제도의 특성에 따라 부하 패턴이 달라지므로 부하율은 공급측 뿐만 아니라 수요측의 관점도 반영되어야 한다.

이에 따라 우리나라는 선진국과 마찬가지로 이러한 세계적인 에너지 환경 변화에 대처하기 위하여 다양한 방안을 강구하고 있으며, 여러 가지 방안 가운데 전력수요관리(이하 수요관리)를 그 예를 들 수 있다. 수요관리란 일반적으로 전력소비의 수준이나 방식의 변경-에너지효율성 향상을 통한 전반적인 에너지소비의 감소나 부하관리를 통한 소비형태의 수정-을 위해 디자인되었다. 거시적인 수준에서의 DSM(복적)은 에너지 자원을 최적화하는 것이며, 전체 사회적 비용을 줄이는 것이다. 보다 의미 확장시키면 환경개선 효과나 비용절감이나 서비스 제공을 통해 사회에서 소외된 계층에게 제공되는 편의 등을 포함할 수 있다[1]. 이에 따라 본 논문에서는 수요관리가 전력시스템의 부하패턴을 변화시키고 이에 따라 부하율의 변화를 가져온다는 점을 주지하였다.

한편, 향후 신재생에너지, 열병합발전 등의 분산전원 도입이 확대되면 기존의 전원구성 통념과는 다른 형태로 전원이 구성되고 부하패턴도 달라질 것이다. 이는 공급자와 소비자가 경제적인 관점에서 자신에게 이익이 될 수 있는 방향으로 그 행동패턴이 달라질 수 있다는 의미를 갖고 있다고 할 수 있다. 따라서, 적정 부하율에 대한 관심은 전원구성과 부하패턴의 물리적인 관점으로부터 공급측과 수요측의 경제적 관점으로 그 판단기준을 옮겨갈 필요가 있다. <그림 1>에서 보는 바와 같이 전원을 구성하는 공급측에서는 설비 증설 및 운전과 관련하여 투자비 및 운전비의 고려가 필요하고, 수요측에서는 수요관리 프로그램에 투여되는 비용에 대한 고려가 필요하다. 이는 수요관리 프로그램의 운영에 따라 설비 건설을 회피할 수 있고, 부하곡선의 형태를 바꿀 수 있기 때문에 상호 밀접한 관계가 있기 때문이다. 두 측면의 비용

본 논문에서는 적정 부하율 수준을 찾는 접근 방안으로서 수요관리 프로그램의 시행이 부하율에 영향을 미치는 점을 고려하기 위하여 수요관리 비용을 산정하기 위한 방법을 제안하였다. 현재 우리나라에서 시행하고 있는 수요관리 프로그램들은 크게 부하관리와 효율향상으로 구분할 수 있는데, 세부 프로그램들의 특성이 다양하여서 그 비용을 산정하는데 있어서 모든 프로그램의 비용을 한꺼번에 표현할 수 있는 절감 kW 또는 kWh당 비용의 산정이 필요하다. 이에 따라, 본 논문에서는 이러

을 동시에 고려함으로써 어떤 수준의 부하율이 적정한지 판단할 수 있게 된다.



<그림 1> 적정 부하율 산정의 개념

3. 수요관리비용 추정

3.1 단위당 수요관리비용 추정을 위한 수요관리 프로그램의 구분

현재 우리나라에서 수행되고 있는 수요관리 프로그램은 한전 자료를 기준으로 볼 때 전력부하관리사업, 전력효율향상사업, 부하관리요금지원사업으로 구분할 수 있다(홍보사업은 제외). 전력부하관리사업으로는 축냉식냉방설비, 직접부하제어, 원격제어에어컨, 최대전력관리장치 등의 사업이 있으며, 전력효율향상사업으로는 조명기기, 자판기, 인버터, 전동기, 변압기 등의 고효율기기 사업이 있다. 부하관리요금지원사업에는 휴가보수 및 자율절전 등이 있다.

그러나, 본 논문에서는 수요관리를 크게 부하관리 및 효율향상으로 구분하는 방법에 따라서 요금지원 사업은 부하관리로 분류하기로 한다. 한편, 축냉식냉방설비의 경우에는 부하관리에 속하기는 하나 기기 보급과 같은 성격이 강하므로 별도의 구분을 하기로 한다. 이렇게 부하관리, 축냉설비 및 효율향상으로 수요관리 프로그램을 비교하면 <표 1>과 같이 나타낼 수가 있다.

<표 1> 수요관리 프로그램의 효과 및 비용 특성 비교

수요관리 프로그램	수요관리 효과 단위	비용 특성
부하관리 (축냉 제외)	kW	운전비
축냉설비		
효율향상	kWh	투자비

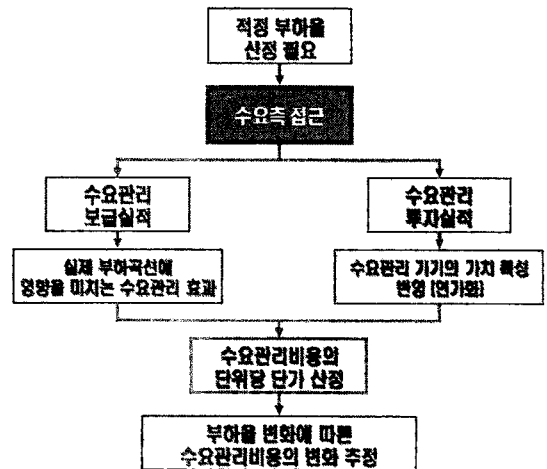
수요관리 효과는 크게 전력(kW)과 에너지(kWh)의 절감으로 나타나게 되는데, 부하관리 및 축냉설비의 경우에는 kW 절감, 효율향상의 경우에는 kWh 절감이 주요 이슈가 된다. 한편, 각 사업을 추진하게 될 때 소요되는 비용은 부하관리의 경우 매년 비용이 발생하는 운전비와 같은 성격이 있고, 축냉설비와 효율향상의 경우에는 한

번 기기를 구입하면 그 기기의 수명이 다 할 때까지 절감 효과를 나타내므로 설비 투자비와 같은 성격이 있다고 할 수 있다. 더군다나 고효율기기는 한 번 사용하면 그 효과에 대한 인식 때문에 수명이 다 하여도 계속해서 고효율기기를 재사용하게 되므로 무한대 가치를 갖고 있다고 볼 수 있다.

3.2 단위당 수요관리 비용 추정 방안

수요관리 비용을 추정하기 위해서 본 논문에서는 우선 기존의 자료를 최대한 활용하여 현실성과 편의성을 도모하였다. 단위당 비용을 산정하여야 하므로, 기본적으로 수요관리 보급실적과 투자실적이 있으면 개념적으로 쉽게 추정할 수 있다. 즉, 총 투자실적을 보급실적으로 나누면 단위당 비용이 산출될 수 있다. 그러나, 실제 부하 패턴에 영향을 주어 부하율을 바꾸게 하는 것은 수요관리 보급실적 자체가 아니라 수요관리 프로그램에 의하여 나타나는 효과이므로, 이 수요관리 효과를 알아야 한다. 여기서, 한 가지 주목할 점은 수요관리 효과는 전력(kW)절감과 에너지 또는 전력량(kWh) 절감으로 나타나므로 각 수요관리 프로그램이 어떠한 형태의 효과를 주는지 구별할 필요가 있다는 것이다. 예를 들어, 휴가보수 지원과 같은 요금제도에 의해서는 부하이전이 나타나므로 에너지 사용은 대체로 변화가 없는 반면에 최대전력의 절감을 가져온다. 이는 평균전력은 변화가 없으나 최대전력이 작아져서 부하율을 높이는 효과가 있게 된다. 한편, 고효율전동기를 보급하게 될 경우에는 최대전력의 절감도 있기는 하지만 전반적으로 사용한 에너지의 절감에 비중이 크게 나타나게 된다. 따라서, 앞서 구분한 바와 같이 부하관리와 축냉설비는 kW당 비용을, 효율향상은 kWh당 비용을 추정하기로 한다.

수요관리 비용의 경우에는 축냉설비와 효율향상의 경우에 기기 보급에 초점이 맞춰진 프로그램이므로 기기의 수명을 고려하여 총 비용을 연금화할 필요가 있다. 모든 수요관리 프로그램을 한꺼번에 고려하게 될 때 운전비 형태로 나타나는 비용과 투자비 형태로 나타나는 비용을 합산하여 표현할 수 있게 한다. 여기서, 중요한 가정은 이렇게 산출한 수요관리 비용과 수요관리 효과는 연간 단위로 산출한다는 것이다. 이상의 단위당 수요관리비용 추정 절차를 <그림 2>에 나타내었다.



<그림 2> 단위당 수요관리비용 추정 방안

제안하는 단위당 수요관리비용 추정 방안을 다음의 식 (1)~(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$CDSM = CLM + CCS + CEE \quad (1)$$

$$CLM = DLM \times ULM \quad (2)$$

$$CCS = DCS \times UCS \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \quad (3)$$

$$CEE = DEE \times UEE \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \quad (4)$$

- CDSM* : 총 수요관리비용
- CLM* : 총 부하관리비용
- CCS* : 총 축냉설비비용
- CEE* : 총 효율향상비용
- DLM* : 부하율 변동에 따른 부하관리 효과(kW)
- ULM* : 단위당 부하관리비용(원/kW)
- DCS* : 부하율 변동에 따른 축냉설비 효과(kW)
- UCS* : 단위당 축냉설비비용(원/kW)
- DEE* : 부하율 변동에 따른 효율향상 효과(kWh)
- UEE* : 단위당 효율향상비용(원/kWh)
- i* : 할인율(%)
- n* : 기기 수명(년)

여기서, 단위(kW 또는 kWh)당 수요관리 효과는 기본적으로 주어진 자료에 의해 계산할 수 있고, 이후에 부하율 변동에 따라 다르게 나타나는 수요관리 효과를 반영하여 총 비용을 산출할 수 있게 된다. 이에 관한 상세한 연구는 공급측의 투자비 및 운전비를 함께 고려하여 적정 부하율을 산정하게 되는데 향후 연구로서 진행할 예정이다.

4. 결 론

본 논문에서는 기존의 수요관리 보급실적 및 투자실적을 활용하여 수요관리 효과 단위(kW 및/또는 kWh)당 비용을 추정하는 방안을 제안하였다. 수요관리 효과는 프로그램마다 다르게 나타나므로 이를 동시에 표현하기 위해서는 단위당 비용의 산출이 필요하고, 기기 보급의 경우에는 연금화시켜야 할 필요가 있음을 지적하고 이에 대한 단순한 방법을 제시하였다. 향후에는 공급측의 투자비 및 운전비와 수요관리비용을 동시에 고려하여 가장 적절한 부하율을 찾는 연구가 필요로 된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, 제3차 전력수급기본계획, 2006
- [2] The Coming Global Oil Crisis website, www.oilcrisis.com
- [3] 매일경제신문, 유가 주간 동향, 2007. 10. 20
- [4] David Goodstein, Out of Gas, 2005
- [5] 이봉용, 전력전송공학, 1995
- [6] 한국전력공사 홈페이지, www.kepco.co.kr
- [7] 전력거래소 홈페이지 www.kpx.or.kr
- [8] 한국전력공사 전력연구원, 전력계통 안정도 정밀해석을 위한 적정 부하모델에 대한 연구, 2001
- [9] 산업자원부, 2006년도 전력수요관리사업 결과(평가) 보고서, 2007