

전원구성 통념에 입각한 전력시스템 적정 부하율 산정에 관한 연구

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

Estimations of Reasonable Load Factor Based on the Conventional Generation Mix Concept

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

Abstract - In this paper an estimation method is proposed to find reasonable load factor of the power system based on the conventional generation mix concept. To find the factor investment costs and operation costs are considered in the estimation. To use feasible results both supply side and demand side of views should be considered. But as a first step of this study only the generation mix is considered in this study.

1. 서 론

부하는 소비자의 행태 및 경제적, 사회적, 기술적 제한 요소의 영향을 받으며 시간에 따라 변화한다. 이 부하는 요금을 통하여 사용량을 조절하기도 하고, 전압과 주파수를 가지고 조절하기도 한다. 우리는 이를 통상 부하관리라 한다. 이러한 부하관리의 종류에는 부하이전, 부하삭감 등이 있다. 소비자 입장에서 부하를 사용할 수 있는 전력량이 많을수록 좋고, 공급자 입장에서 부하가 시간에 관계없이 일정하여 공급설비가 적을수록 좋다. 이러한 부하가 임의의 시간에 어떠한 구성요소로 이루어져 있는 지와 전력의 두 주요 지표인 전압과 주파수에 대한 구성요소의 특성을 안다면 계통의 정확한 해석이 가능해진다. 부하의 특성을 나타내는 하나의 지수로서 본 논문에서는 부하율에 초점을 맞추었다. 부하율은 최대부하에 대한 평균부하의 비율로서, 평균부하는 일정기간 중의 전력에너지를 그 기간으로 나눈 값을 말하며, 최대부하는 그 기간 중 최대인 부하를 말한다. 부하율을 공급자 입장으로 최대부하와 평균부하의 비율이 1에 가까울수록 공급설비의 투자를 줄이는데 유리하며, 설비의 이용 상황 및 손실을 쉽게 알 수 있다. 부하율이 높아지면 전원설비를 최대로 이용할 수 있으나, 전력시스템은 무조건 비용이 싼 기저설비로 구성하여 운전할 수 없고, 시시각각 변하는 시스템의 여러 가지 상황에 대처할 수 있도록 여러 가지 종류의 설비로 구성해야 하며, 따라서 무조건 부하율이 높을수록 좋다고 할 수 없다. 또한, 요금제도의 특성에 따라 부하 패턴이 달라지므로 부하율은 공급측과 수요측 모두의 관점이 반영되어서 적절한 지점을 찾아야 한다. 본 논문에서는 우선적으로 공급측 관점에서 일반적인 전원구성 통념에 입각하여 적정 부하율을 찾는 것에 초점을 맞추었다.

2. 국내의 현재 부하율 수준

1998년 IMF로 인하여 정상적인 부하율을 갖지 못하였고, 그 후 심야전력 정책의 도입으로 인하여 부하율은 더욱 높아지게 되었다.

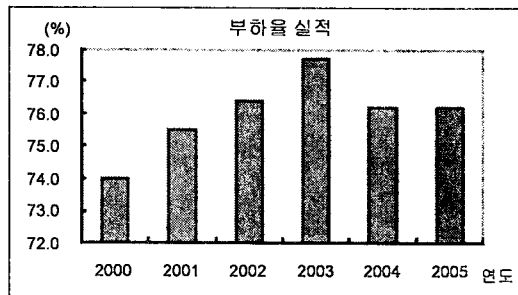
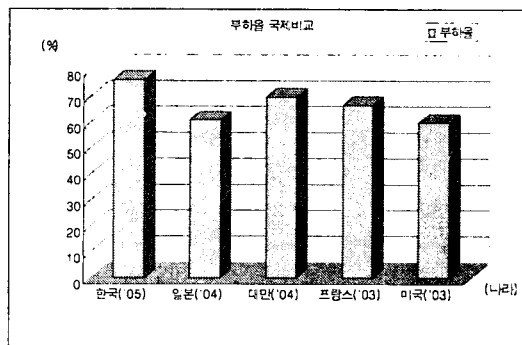


그림4 한국의 부하율 실적

주요 국가의 부하율은 다음과 같이 70% 이하이다. 미국과 일본은 60% 이하로 선진국일수록 부하율이 낮아지는 경향이 있다. 한국은 외국과 비교하여 평균적으로 10% 정도 높은 부하율을 유지하는데, 1995년 이후 고부하율이 지속 유지되고 있는 이유 중 하나는 부하관리량 확대, 냉방부하관리 강화 등 효율적 수요관리에 의한 최대수요 억제로 인하여 발전량의 최대피크 절감이 지속적으로 유지되고 있기 때문이다. 그러나, 아쉬웠던 정책은 심야전력제도인데 다른 에너지원과 가격협조가 안 되어 제일 싼 에너지원이 전기가 되어 심야전력 수요가 증가하였고, 심야전력회사가 생겨 제도 초기에 강화도에서는 심야에 최대 전력소비가 일어난 적이 있다. 이 때문에 부하율이 높아졌는데, 전기를 난방으로 사용한 결과로 1차 에너지(석탄, 원자력 등)로부터 최종에너지(난방 등)를 전기에너지를 통하여 소비하게 되면 그 효율이 20%에 불과한 가장 고가인 에너지가 사용이 되어 국가적 관점에서 에너지 효율적 이용에 위배된다고 볼 수 있다.

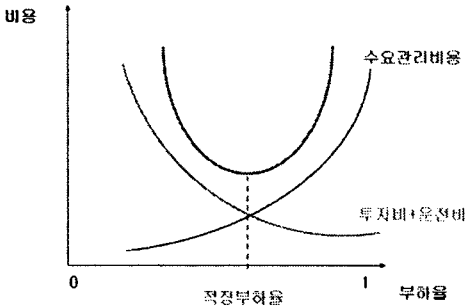


<그림 1> 부하율의 국내외 비교

3. 적정 부하율 산정 방안

3.1 적정 부하율의 개념 및 가정

우리나라가 현재 유지하고 있는 높은 부하율을 얼마나 높이는 것이 유리할까 아니면 낮추는 것이 유리할까? 즉, 심야전력과 같은 정책이 아닌 에너지 효율적 이용을 만족한다는 가정 하에서 전력수요관리 정책이 도입된다고 할 때, 이것은 얼마까지 부하율을 높이는 것이 바람직할까 하는 의문을 품게 된다. 그러면 우리는 부하율이 높아지면 발전기는 점점 원자력과 화력 등 투자비(건설비)는 비싸나 운전비(연료비등 가변비를 의미)는 싼 발전기를 설치하게 된다. 반면 계속 부하율을 높게 하려면 전력수요관리비용은 더 들게 된다. 이것을 개념적인 그림으로 그리면 다음과 같다.



<그림 2> 적정 부하율 개념

한편, 위의 그림을 이해하기 위해 일반적인 결론을 위해 배하지 않는 범위에서 다음과 같은 가정을 한다.

- (가) 현재 발전설비의 구성은 우리나라의 구성비와 같도록 발전기준을 가정한다.
- (나) 부하는 현재 우리나라 부하율을 갖는 것으로 수요 패턴을 가정하여 이 형태 부하가 1년 내내 계속된다고 가정한다.
- (다) 투자비는 연금화하여 1년만 투입된다고 가정한다.
- (라) 발전기는 기동정지는 기동비용만 있다고 가정한다.
- (마) 최소기동시간과 정지시간을 고려하지 않는다.
- (바) 예비율은 없다고 가정한다.

3.2 운전비 및 투자비의 추정

상기 가정에 따라 다음과 같이 운전비 및 투자비를 추정한다. 수요관리를 통한 전기에너지 이용 효율 향상 및 설비 이용 효율을 알아보기 위해서 먼저 우리나라의 발전설비 구성을 기준으로 정해 놓고, 부하율에 따라 달라지는 발전설비 구성을 고려하여 수요관리 전후의 효과에 대하여 비교, 분석 할 수 있어야 한다. 그러므로 우리나라의 부하율에 근거한 대표적인 부하곡선을 선정하고 발전설비의 구성 및 관련 자료를 정한다. 그러므로 1일 전력 사용량을 구하고, 그 값은 1년 동안 변화가 없다는 가정과 1년 동안 설비 변화가 없으며 설비의 수명을 이 미 고려하여 건설비를 연금화시키고, 투자비를 계산하여야 한다. 또한 각 발전설비의 설비용량도 모두 같다고 가정하여 구한 투자비, 운전비를 자료로 정한다.

<표 1> 에너지원별 비용 및 구성 비율

에너지원	운전비 (원/kWh)	투자비 (원/kW)	기동정지 (원/MWh)	에너지 원별 발전설비 용량의 구성 비율	%
보탄500	186	1,161,000		석탄	29%
발전소1000	32	1,517,000		원자력	57%
가스500	580	680,000	1,415	가스	9%
유류100~2	690	1,678,000	4,656	유류	5%

이어서 1일에 대한 에너지원별 용량 분포를 구한 후, 이 값이 1년 동안 변화 없이 지속된다는 가정 하에 피크전력과 평균전력을 구한 후, 최대전력에 대한 평균전력의 비인 부하율을 구한다.

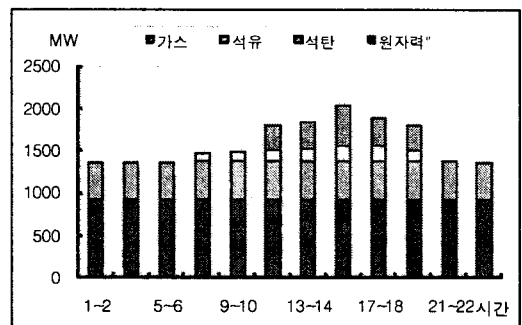
일부하곡선이 주어지면, 이 부하곡선의 형태가 1년 동안 지속되고 예비율은 0이라고 가정하여, 원자력과 석탄은 기저 에너지원으로 원자력과 화력발전은 발전 지속이 계속 되는 것으로 하며, 최대 발전용량과 설비용량이 같다고 놓고, 기저발전용량 이후의 용량에 대해서는 석유와 가스에 대한 HOT기동비용을 고려한다. 이 논문에서 이용하는 기동비용에 대한 자료는 전력거래소가 그 출처로서 각 발전기에 따른 에너지원별 기동비용을 평균화하여 적용하였다. 또한 실제 문제에서는 발전기의 최대전력 후의 줄어드는 발전량에 대하여 정지비용을 고려하여야 하나, 이는 본격적으로 연구 수행 시 가능한 부분이므로 정지비용에 대한 고려는 하지 않는 것을 가정으로 한다.

<표 2> 시간에 따른 에너지원별 용량 분포

시간	MW	원자력	석탄	유류	가스
1~2	1360	900	460	0	0
3~4	1360	900	460	0	0
5~6	1360	900	460	0	0
7~8	1470	900	460	110	0
9~10	1480	900	460	120	0
11~12	1800	900	460	140	300
13~14	1830	900	460	150	320
15~16	2035	900	460	195	480
17~18	1880	900	460	190	330
19~20	1800	900	460	140	300
21~22	1360	900	460	0	0
23~24	1360	900	460	0	0
1일	19095	10800	5520	1045	1730

다음으로 1일에 대한 에너지원별 용량 분포를 구한 후, 이 값이 1년 동안 변화 없이 지속된다는 가정 하에 피크전력과 평균전력을 구한 후, 최대전력에 대한 평균전력의 비인 부하율을 구한다. 표의 전력값은 하절기에 어킨 부하를 고려한 것으로서 최대 전력값은 15~16시에 2035MW를 갖고, 하루의 평균전력은 1586MW로 부하율을 0.78%로 2003년 가장 부하율이 높았던 0.78을 고려한 값이며, 이 값을 기본 값으로 정하였다.

<그림 3> 시간에 따른 에너지원별 용량 분포 [부하율 =0.78]



1년 동안의 석유와 가스에 대한 기동비용을 고려한 다음 각 에너지원별 운전비에 항목별로 더해준다. 또한 투자비는 연금화시켜 원자력의 수명은 40년, 석탄, 석유와 가스의 수명은 30년으로 가정한 할인율을 3차 전력수급 기본계획에서 가정한 값인 0.08(i)로 가정하여 적용한다.

위의 기본 자료를 바탕으로 하여 투자비와 운전비 곡선을 위하여 부하율을 바꾸어 계산하면 다음과 같다.

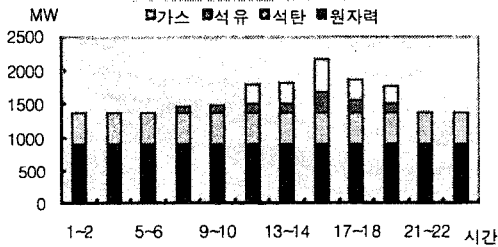
<표 3> 에너지원별 운전비 및 투자비 합계(백만원)

에너지원별	원자력	석탄	석유	가스	합계
운전비	25,229	78,980	54,362	74,157	232,728
투자비(원)	1,517,000	580,500	335,200	340,000	2,772,700
투자비 연급화(원)	127,216	51,564	29,775	30,201	238,756
투자비+ 운전비(원)	152,445	130,545	84,137	104,359	471,484

3.3 부하율 변동에 따른 비용 비교

3.3.1 부하율 0.76

앞서 기본으로 정한 우리나라의 1일 발전용량을 바꾸지 않고, 에너지원별 구성용량을 변화하여 부하율을 낮춰보도록 하자. 이 때의 부하곡선도 하절기의 에어컨 부하를 고려한 것으로 15~16시에 전력수요가 가장 많은 것으로 가정을 한다. 기저발전은 원자력, 석탄이므로 나머지 석유와 가스를 이용하는 발전소는 기동비용을 고려하여 운전비에 이 값을 더하여 구한다.



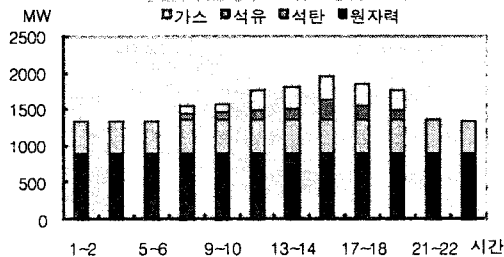
<그림 4> 시간에 관계없이 일정한 에너지원별 용량분포 [부하율= 0.76]

<표 4> 에너지원별 운전비 및 투자비 합계

에너지원별	원자력	석탄	석유	가스	합계 (수요환리진)
운전비	25,229	78,899	53,892	71,400	229,419
투자비(원)	1,517,000	580,500	335,200	340,000	2,772,700
투자비 연급화(원)	127,216	51,564	29,775	30,201	238,756

3.3.2 부하율 0.81

앞서 기본으로 정한 우리나라의 1일 발전용량을 바꾸지 않고, 에너지원별 구성용량을 변화하여 부하율을 높여보도록 하자.



<그림 5> 시간에 관계없이 일정한 에너지원별 용량분포 [부하율= 0.81]

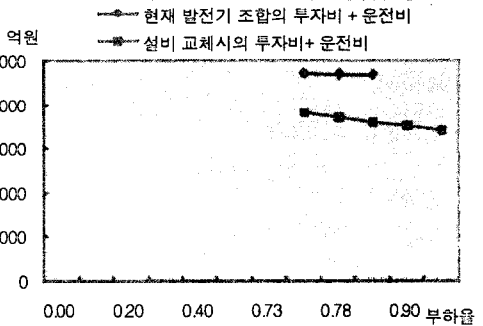
앞의 사례처럼 기저발전은 원자력, 석탄이므로 나머지 석유와 가스를 이용하는 발전소는 기동비용을 고려하여 운전비에 이 값을 더하여 구한다.

<표 5> 에너지원별 운전비 및 투자비 합계

에너지원별	원자력	석탄	석유	가스	합계 (수요환리진)
운전비	25,229	77,565	45,589	70,710	219,092
투자비(원)	1,517,000	580,500	335,200	340,000	2,772,700
투자비 연급화(원)	127,216	51,564	29,775	30,201	238,756

3.3.3 투자비와 운전비를 고려한 부하율 평가

이상의 결과에서 투자비와 운전비의 합이 커질수록 발전용량이 증가된 것을 알 수 있고, 설비 증설로 인하여 평균 전력은 증가하고 또한 최대전력도 증가하는데 평균 전력보다 크게 증가하여 부하율은 점점 작아진다. 반대로 투자비와 운전비의 합이 감소할수록 설비용량도 감소하여 최대 전력값이 작아지므로 부하율은 점점 커진다는 것을 알 수 있다. 다음 그림은 현재 발전기 조합 상태와 발전설비를 원자력, 석탄을 이용하여 운전 하는 기저발전 시의 운전비와 투자비를 비교하여 보았고, 부하율과 투자비+운전비 곡선은 이와 같이 설비를 바꾼다면 그 비용은 더욱 내려감을 알 수 있다.



<그림 6> 투자비와 운전비를 고려한 부하율

4. 결 론

본 논문에서는 부하율을 변수로 하여 부하율 변화에 따라 달라지는 부하곡선에 대하여 전원구성 통념에 입각한 투자비와 운전비 결과를 비교하여 적절한 부하율을 찾는 방안을 제시하였다. 방법론에 대한 논문으로서 여러 가지 가정에 제약되어 있기 때문에 향후 본 방법론을 바탕으로 하여 현실적으로 반영할 수 있는 상세한 연구가 필요로 된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, 제3차 전력수급기본계획, 2006
- [2] 이봉용, 전력전송공학, 1995
- [3] 한국전력공사 홈페이지, www.kepco.co.kr
- [4] 전력거래소 홈페이지 www.kpx.or.kr
- [5] 전력거래소, [2004년 4/4분기 적용 중앙급발전기 기술적 특성자료, 2004
- [6] 한국전력공사 전력연구원, 전력계통 안정도 정밀해석을 위한 적정 부하모델에 대한 연구, 2001
- [7] 한국전력공사 기술연구원, 전력계통 안정도 해석을 위한 적정 부하모델에 대한 연구, 1990