

수익보정 방법에 따른 실시간요금제의 부하율 향상에 관한 연구

이정인*

홍희정*

한석만*

강동주*

김발호*

*홍익대학교

**한국전기연구원

A Study on the load factor improves Real-Time Pricing for Revenue Reconciliation

Jeong-In LEE* Hong-Hee Jung* Seok-Man Han* Dong-Ju Kang** Bal-Ho Kim*
 Hongik University*, Korea Electrotechnology Research Institute**

Abstract - 전력사업은 전력서비스를 제공하는 사업으로서, 사업의 목표가 전력화사의 이익만을 극대화하는 방향으로만 설정되어는 안된다. 전력사업 운영의 일반적인 두 가지 목표는 전력공급의 안정성 확보와 경제적인 전력공급이라 할 수 있다. 그러므로 국가경제의 중추를 맡고 있는 전력산업은 새로운 환경과 불확실한 미래에 대처할 수 있는 환경의 요구 등이 제기되고 있다. 이러한 요구를 충족시키기 위한 노력이 진행되고 있으며 그 가운데 하나의 방향은 전기사업자의 공급가격과 소비자의 수요에 대한 정보를 이용하여 공동의 이익을 보다 더 향상시킬 수 있고 더 폭넓은 선택을 가능하게 함으로써 전기 사업자와 수요자 모두에게 더 많은 이익을 줄 수 있는 새로운 요금제를 확산시키는 것이다. 본 논문에서는 오늘날의 이러한 요구에 부응하여 새로운 형태의 요금제 도로써 제시되고 있는 실시간요금제(Real-Time Pricing)와 그에 따른 수익보정(Revenue Reconciliation)방법을 통한 수요반응을 분석하여 부하율 향상에 관한 결과에 대하여 알아본다.

1. 서 론

실시간요금제 이론은 전력의 한계비용에 근거하여 그 순간의 공급과 수요에 의해 요금이 결정되며, 소비자는 한 시간, 또는 30분 단위로 통보된 가격에 의해 자신의 소비를 결정하게 된다. 하지만 한계비용에 기초하여 요금을 정할 경우 고정비회수를 보장할 수 없기 때문에 보조금, 또는 수익보정을 필요로 한다.

수익보정은 일반적으로 한계비용 적용에 따른 필요수입부족액(Revenue deficits)을 회수하기 위해 한계비용을 조정하거나 추가요금을 부과하는 것이다. 수익보정은 투자비의 적절한 회수를 목적으로 하며, 그 종류로는 한계비용 조정법과 부가요금 할당법이 있다. 한계비용 조정법은 최적화에 의해 구해진 한계비용을 필요수입을 회수 할 수 있도록 적절한 방법으로 조정하는 방법으로서 'Adder Method', 'Multiplier Method', 'Ramsey Method'와 공급지장확률(Loss of Load Probability)을 반영하는 'LOLP Method' 등으로 나누어진다. 먼저, 본 논문에서는 기존에 연구되었던 수익보정을 고려한 실시간요금제를 재고해보았다.[1] 그 다음 "특정"일의 조합으로 지칭된 부하를 이용한 수요반응을 분석하여 부하율의 효율성을 비교하여 보았다.

2. 본 론

2.1 수익보정을 위한 가격조정방법

가격(Price) 결정은 경제적 효율성을 최대도 하는 것을 목적으로 하고 있고, 수익보정을 통한 필요수입부족액의 할당은 필요수입의 완전한 회수를 목적으로 하고 있다. 가격은 한계비용법에 의해 결정되므로, 부가요금 산정 시 주의할 필요가 있다. 즉, 한계비용법에 의한 경제적 효율성을 최대한 유지하면서 필요수입의 완전한 회수를 도모하는 방향으로 수익보정이 이루어져야 한다.

본 장에는 경제급전에 의해 결정된 한계비용을 변화시켜 필요수입을 회수하는 방법이다. 이는 크게 한계비용에 특정상수를 더하거나(Fixed adder), 한계비용을 상수로 곱하거나(Fixed multiplier), 참여자의 탄력성을 이용하여 한계비용을 수정하거나(Ramsey method), 계통의 공급신뢰도에 의해 한계비용을 수정하는(LOLP method)방법으로 나눌 수 있다. 이 방법은 참여자에게 실시간으로 가격변동에 대한 정보를 제공하여 전략에 따른 행동을 가능하게 한다는 장점이 있으나, 네트워크 사업의 특성상 실시간으로 적용하기 어렵고 산정과정이 복잡하다는 단점이 있다.[2]

2.1.2 수익보정 모형

한계비용 조정방법에는 "Fixed adder method", "Fixed Multiplier method", "LOLP method", "Ramsey method" 가 있다.

Adder Method

이는 "결정된 한계비용(Marginal cost)에 필요수입이 회수되도록 계산된 특정 상수를 더하는 방법"이다. 이 과정을 통해 결정된 새로운 가격은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_r(t) = MC(t) + A_r \tag{1}$$

Multiplier Method

이는 "결정된 한계비용에 필요수입이 회수되도록 계산된 상수를 곱하는 방법"이다. 이 과정을 통해 결정된 새로운 가격은 다음과 같다.

$$P_r(t) = MC(t) \times (1 + M_r) \tag{2}$$

LOLP Method

이는 계통의 공급신뢰도에 의하여 한계비용을 조정하는 방법이다. 이 과정을 통해 결정된 새로운 가격은 다음과 같다. 식 (3)과 (4)는 모든 소비자에게 동등하게 같은 가중치를 부여하는 것인 반면에, 식 (5)는 전력사용량의 비중이 더 큰 소비자에게 더 많은 요금을 부과하는 것이다. 식 (5)의 논리적 근거는 계통의 공급지장확률이 높을 때, 즉 예비력이 낮을 때 전력을 사용하는 소비자는 그에 맞는 책임을 져야 한다는 것이다. 본 연구에서는 위에 설명된 세 가지 방법모두를 바탕으로 분석하지만, 다른 수익보정방법과 비교를 할 때는 식 (4)만 사용한다.

$$P_r(t) = MC(t) + k \cdot LOLP(t) \tag{3}$$

$$P_i(t) = MC(t)[1 + k \cdot LOLP(t)] \tag{4}$$

$$P_r(t) = MC(t)[1 + k \cdot LOLP(t) \frac{Q_r(t)}{Q_{sys}(t)}] \tag{5}$$

Ramsey Method

이는 수요의 가격탄력성이 높은 재화에 대해서는 낮은 가격 인상분을, 반대로 가격 탄력성이 낮은 재화에 대해서는 상대적으로 높은 가격인상분을 부과하는 방법이다. 이 방법을 이용하여 얻은 가격은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$P_r(t) = \epsilon_r \times \frac{MC(t)}{(\epsilon_r - \lambda)} \tag{6}$$

이 방법은, 사회후생을 극대화하는 방법으로 가장 효용이 좋은 수익보정 방법으로 알려져 있으나 거래량을 쉽게 변동시킬 수 없는 참여자에게 과중한 비용을 부과한다는 점에서 공평성의 문제가 있다.[2]

- 여기서, r = 소비자군(Rate Class)
- A, R = 보정상수
- k = LOLP의 가중치(Weighting Factor)
- e = 수요탄력성
- λ = 램지계수(Ramsey number)

2.2 기본입력자료

입력 데이터는 모든 자료를 포함하기에는 그 분량이 너무 많기 때문에 선택된 자료만 넣어 수익보정의 영향을 알아본다. 모든 설비는 단기 한계비용의 유형에 따라 분석된다. 이 자료는 2005년 한국전력공사(Korea Electric Power Corporation)의 전형적인 단기한계비용과 시간별 한계비용을 나타낸다.[2] 이 요금은 단기 연료비와 운영비만을 나타내고 혼잡비용과 프리미엄은 포함하지 않는다. 또한 실제 자료를 바탕으로 고정비와 변동비를 추정하기 위해 총 연료비를 각 부분의 전력판매량에

비례하게 할당한다. 이 결과는 변동비를 추정하는데 사용한다. 다음으로 고정비를 추정하기 위해 각 부분의 변동비를 수익에서 제함으로써 구한다.

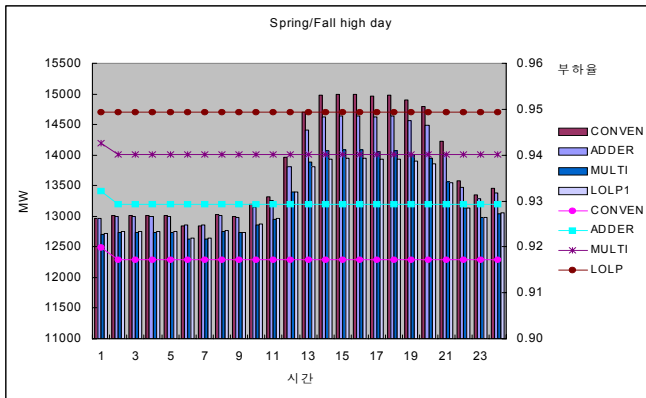
2.3 사례연구

수익보정은 다음 “Fixed adder method”, “Fixed Multiplier method”, “LOLP method” 이용하여 나타내었다.

〈표 1〉 Winter High-day 부하율 [단위 : %]

hour	CONVEN	ADDER	MULTI	LOLP
1	0.85	0.88	0.89	0.92
2	0.85	0.88	0.89	0.92
3	0.85	0.88	0.89	0.92
4	0.85	0.88	0.89	0.92
5	0.85	0.88	0.89	0.92
6	0.85	0.88	0.89	0.92
7	0.85	0.88	0.89	0.92
8	0.85	0.88	0.89	0.92
9	0.85	0.88	0.89	0.92
10	0.85	0.88	0.89	0.92
11	0.85	0.88	0.89	0.92
12	0.85	0.88	0.89	0.92
13	0.85	0.88	0.89	0.92
14	0.85	0.88	0.89	0.92
15	0.85	0.88	0.89	0.92
16	0.85	0.88	0.89	0.92
17	0.85	0.88	0.89	0.92
18	0.85	0.88	0.89	0.92
19	0.85	0.88	0.89	0.92
20	0.85	0.88	0.89	0.92
21	0.85	0.88	0.89	0.92
22	0.85	0.88	0.89	0.92
23	0.85	0.88	0.89	0.92
24	0.85	0.88	0.89	0.92

〈표 1〉은 실시간요금제를 실시하였을 경우 겨울 High-Day의 부하율을 나타낸 것이다. 기존의 부하에 비해 실시간요금제를 실시할 경우 어느 정도 계통의 부하감소를 기대할 수 있으며, 부하율이 향상 되었다는 것을 볼 수 있다.

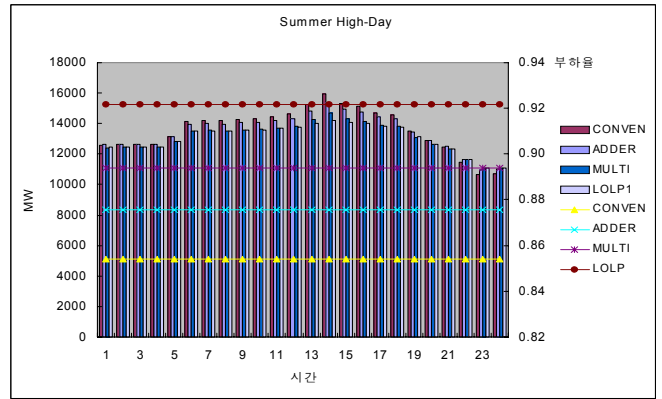


〈그림 1〉 Spring/Fall High-day

〈그림 1〉은 봄/가을 High-Day를 나타낸 것이다. 기존의 평균전력과 최대전력이 각각 감소하였음을 알 수 있다. 최대전력의 감소폭이 평균전력의 감소폭보다 크기 때문에 부하율이 향상 되었다는 것을 확인할 수 있다.

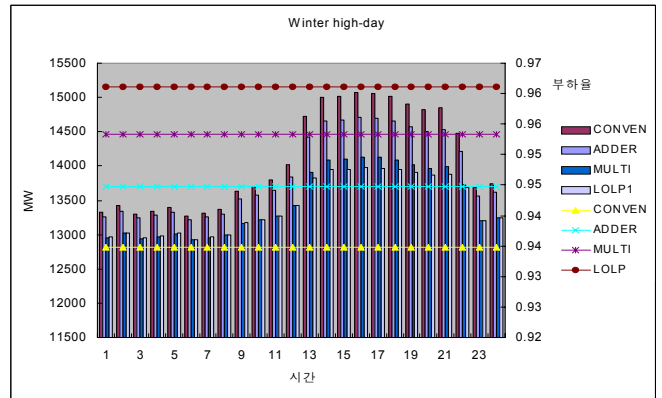
〈표 2〉 부하감소 [단위: %]

	1	0.989593	0.962071	0.959588
평균전력	1	0.976669	0.93905	0.929842
최대전력	1			



〈그림 2〉 Summer High-day

〈그림 2〉은 여름 High-Day를 나타낸 것이다. 〈그림 1〉에서처럼 평균전력과 최대전력이 각각 감소하였음을 알 수 있다. 최대전력의 감소폭이 평균전력의 감소폭보다 크기 때문에 부하율이 향상 되었다는 것을 알 수 있다. 〈그림 3〉은 봄/가을 과 여름 보다 부하율 향상이 더 큰 폭으로 되었다는 것을 알 수 있다.



〈그림 3〉 Winter High-day

3. 결 론

실시간요금제는 한계운영비를 반영하여 실시간으로 변화한다. 이를 이용하여 소비자는 실시간으로 전력가격을 알 수 있고, 전력회사는 한계비용으로 설정된 실시간요금의 수익보정을 통하여 설비운영자를 위한 투자비회수가 적정수준의 이윤을 보장해준다. 본 논문에서는 어떠한 수익보정방법이 부하율을 향상 시켜주는가에 관한 연구를 진행하였다. 실시간 요금제를 실시한 경우가 그렇지 않은 경우보다 부하율이 향상 되었다는 것을 알 수 있다. 실시간요금제를 통하여 우리는 최대전력 감소가 수전설비의 용량을 감소시킬 수 있으므로 그 만큼의 설비비가 예상된다. 본 논문에서는 특정 데이터를 입력으로 사용하였기 때문에 자료의 정확성을 향상시키기 위하여 향후 연구를 계속 하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 교육인적자원부에서 시행하는 2단계 BK21사업(과제명 : 신 에너지원 개발 및 전력시스템 연계기술 연구팀)의 지원에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1] Balho H. Kim, "The Economic Efficiency Impacts of Alternatives for Revenue Reconciliation", IEEE Transaction on Power System, Vol.12, No.3, p1129-p1135, August 1997
 [2] 박경환, 수익보정 방법에 따른 실시간요금제의 효율성 비교에 관한 연구, 2007
 [3] Fred C. Schweppe et al. "Spot Pricing of Electricity", Kluwer Academic Publishers, 1998
 [4] George J. Stigler, "The Theory of Price", 4-th ed., Macmillan, pp.218-222, 1987
 [5] Stepaen M. Barrager, "Assessment of Simple Joint Time/Risk Preference Function", Management Science, Vol.26: 620-632, June 1980.