

스마트그리드에서 소비자참여에 따른 실시간가격 변화와 전원구성변화에 대한 연구

A Study on the Real-Time Pricing Change and Fuel Mix Change Considering the Customer's Choice on the Smart Grid System

박 성 완* · 김 발 호†
(Seong-Wan Park · Balho H. Kim)

Abstract - This paper presents the economic impact of consumer participation in Real-Time Pricing (RTP). A computer model was developed to analyze the impact of real-time pricing on the average price, electricity sales, and the social welfare. Four revenue reconciliation alternative were introduced to illustrate the effect of RTP. Finally a case study was done to analyze the consequent impact of the dynamic load profile on the long-term fuel mix, and the results were compared with those of 5th national power development plan.

Key Words : Smart grid, Real time pricing, Fuel mix

1. 서 론

오늘날 전력산업은 급속한 변화를 겪고 있다. 점점 예측하기 어려워지는 부하증가율, 복잡해지는 규제 및 환경문제, 연료비의 변동, 생산성과 효율성의 증가에 대한 요구, 그리고 미래의 불확실성에 대처할 수 있는 환경의 요구 등이 보다 강력하게 제기되고 있다. 국가산업에서 중요한 경제적 위치를 차지하고 있는 전력산업은 이러한 요구를 충족시키기 위하여 노력하고 있으며, 정부와 여러 이익단체, 민간부문, 대학 등에서 전력산업에 대한 새로운 방향을 제시하고 있다. 그 가운데 하나의 방향이 최근 사회적으로 화두에 오르는 스마트그리드이다. 스마트그리드의 핵심은 소비자가 시간대별 전력가격에 따른 유연한 부하의 이동을 유발함으로써 에너지 소비 효율성을 개선하는데 있다. 본 논문에서는 실시간가격의 효율적 적용방안을 모색하기 위해 소비자의 실시간 요금 선택에 따른 가격, 부하 이동 및 전원구성 등 사회적 변화를 분석하여 국내에 실시할 실시간요금 설계 방향을 제안해 보고자 한다. 이를 위해 실시간 가격 모형에 고객의 선택권을 고려하여 부하의 변동, 사회적 효용 분석, LDC(Load Duration Curve)분석 그리고 부하 이동에 따른 전원구성의 변동 정도를 확인하고, 이에 따른 발전설비 투자비의 절감 정도를 확인하고자 한다.

2. 실시간요금제

실시간요금제란 한계비용 기반 전력가격을 소비자에게

실시간으로 적용하는 것으로 사회효용을 극대화하는 데에 목적이 있다. 과거에는 시간에 따라 변동하는 한계생산비용을 실시간으로 소비자에게 제시하는 것이 불가능하였다. 정교하게 구축된 전자통신설비의 도움이 없이는 실시간요금과 관련된 정보의 제공이 불가능하였기 때문이다. 그러나 오늘날에는 미시경제학과 통신기술의 비약적인 발전으로 인해 공급의 실질적인 상황에 기초한 실시간가격의 계산 및 공지가 가능하게 되었다.

경제 이론적 관점에서는, 실시간요금제의 도입은 소비자와 생산자(전력회사) 모두에게 이익이 된다. 시장경제의 교훈 중 하나는, 고정된 가격보다는 시장에 기초한 가격신호가 우월하다는 데 있다.

2.1 실시간 가격

시간별 실시간가격은 전적으로 전력시장의 수요-공급 법칙에 의해 결정된다. 생산자의 이윤극대화와 소비자의 효용극대화 개념으로부터 도출되는 수요-공급 곡선의 교차점에서 결정되는 실시간가격은 사회효용(Social welfare)을 극대화하며, 다음과 같은 최적화 문제를 통해 구현된다.

$$\text{Max } \text{Social Welfare} \quad (2.1)$$

$$\text{s.t. } g(x) = 0 \quad (2.2)$$

$$h(x) \leq 0 \quad (2.3)$$

여기서, x 는 발전기출력, 모선전압, 위상각 등을 나타내며, 제약조건 (2.2)와 (2.3)은 모선별 전력수급, 선로용량, 발전용량 등 전력시스템의 기술적, 물리적 제약 및 환경 문제를 반영하는 제약식이다.

실시간가격은 내용적으로 크게 2단계로 계산된다. 첫 단계는 순수 변동비만을 고려하여 한계비용(Marginal cost)을 계산하는 것이고, 그 다음은 투자비회수(또는 잉여수익)를 위한 조정하기

* 정 회 원 : 삼성엔지니어링

† 교신저자, 정회원 : 홍익대학교 전기정보 제어공학과 교수

E-mail : bhkim@wow.hongik.ac.kr

접수일자 : 2011년 11월 3일

최종완료 : 2012년 4월 24일

위한 수익보정(Revenue reconciliation) 단계이다.

2.2 수익보정 전 실시간가격

수익보정 전의 실시간가격 계산에 대해 살펴보면 다음과 같다. 시간 t 에서 소비자- k 에 제시되는 실시간가격 $P_k(t)$ 는 다음과 같다.

$$P_k(t) = \frac{\partial TC}{\partial d_k(t)} \quad (2.4)$$

여기서, $TC(t)$ 는 시간 t 에서의 총변동비용(연료비 및 수선 유지비 등), $P_k(t)$ 는 시간 t 에서 k 번째 소비자의 실시간가격 (원/kWh), $d_k(t)$ 는 시간 t 에서 k 번째 소비자의 수요(kWh)를 나타낸다.

개별 소비자를 고려하지 않을 경우, 시스템 전체의 시간대별 실시간가격은 다음과 같이 계산된다.

$$P(t) = \frac{\partial TC}{\partial d(t)} \quad (2.5)$$

여기서, $d(t)$: 시간 t 에서의 계통부하를 나타낸다.

2.3 수익보정과 실시간가격

2.3.1 수익보정의 필요성

앞의 식 (2.4) 또는 식 (2.5)와 같이 계산된 가격은 회계적 수지균형을 고려하지 않고 순수 한계비용만을 근거로 도출된 가격으로서 실제 소비자에게 제시되는 가격은 이 가격에 일정한 양의 부과금을 가산한 가격이 된다. 이 경우, 부과금은 양(+)이 될 수도 있고 음(-)이 될 수도 있다 먼저 전력계통이 최적으로 운전된다고(즉, 경제급전에 의해 운전된다고) 가정하면 대개 한계비용은 평균비용(평균가변비용)을 초과하게 된다. 따라서 한계비용을 시장가격(전력판매가격)으로 설정하면 전력판매수입이 생산비용을 초과하게 되며 이 잉여수입은 투자비의 회수에 사용된다. 전력산업과 같이 초기투자비(설비비)가 많이 소요되는 장치산업의 경우, 이 잉여수입은 일반적으로 투자비를 회수하기에는 충분치 않다. 따라서 초과수익 또는 손실을 보정하기 위해 한계비용을 실시간가격으로 전환하는 소위 수익보정이라는 과정이 필요하게 된다.

2.3.2 수익보정의 방법

정부의 규제를 받는 전력회사의 경우, 과도한 이익을 내거나 또는 재정적자를 회피하도록 수익보정 절차가 필요하다. 특히, 앞에서 계산된 Spot Price에는 초기투자비 회수를 위한 부분이 제외되어 있기 때문에, 실제 개별소비자에게 제시되는 최종 Spot Price에는 이 비용 부분이 포함되어야 한다. 가장 효율적인 Spot Price는 기업이 고정비를 회수한다는 제약조건하에서 소비자효용과 생산자효용의 합을 극대화하는 가격이 된다.

실시간요금제의 수익보정 방법으로는 여러 가지가 있으나,

현실적으로 가장 많이 채택되고 있는 방법이 식 (2.4) 또는 (2.5)에서 계산된 한계가격을 일정한 방법으로 조정하는 것이다. 다음 절에서는 최종 소비자 가격을 계산하는 방법에 대해 설명하기로 한다.

3. 소비자의 선택을 고려한 실시간 가격 모의 시스템

3.1 개요

전력회사가 채택하고 있는 요금제는 실시간가격 외에도 매우 다양한 형태를 띠고 있다. 설령, 어떤 전력회사가 기존 요금제에 추가하여 실시간가격 제도를 도입할 경우, 현재 소비자 전원이 새로운 요금제를 채택하리라는 보장이 없다. 이 경우, 전력회사는 현 요금제를 유지하는 소비자와 실시간가격 제도를 채택하는 소비자를 구분하여 회사의 재정상황을 포함한 모든 기업 경영 관련 인자를 고려한 요금제를 소비자에게 제시하여야 한다. 본 절에서는 기존 요금제에 실시간가격 제도를 추가로 도입하는 전력회사가 실시간가격 제도를 채택하는 소비자에게 제시하는 가격을 계산하는 방안을 제시하고자 한다.

그림 1은 실시간가격 계산 절차를 보인 것이다.

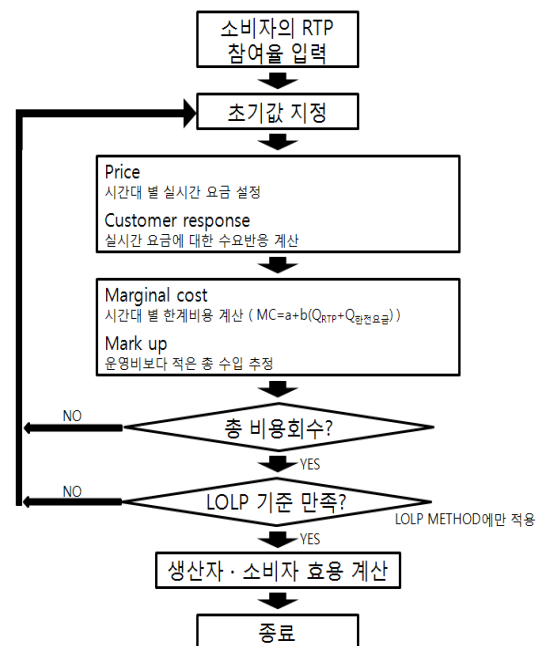


그림 1 실시간가격 계산 순서도
Fig. 1 Flowchart of Real-time Pricing Calculation

3.2 초기 값 지정

초기 값 지정 전에 실시간 요금을 선택하는 비율을 입력받는다. 프로그램은 초기에 필요한 모든 데이터를 읽어 들이고, 이를 실시간 요금제를 선택하는 소비자 비율을 반영하여 가공한다. 주요 입력 데이터는 다음과 같다.

- 1) 시간별 계통부하 및 각 소비자 유형별 부하
- 2) 소비자 유형별 가격탄력성
- 3) 연간 필요수입
- 4) 발전기 자료

이 초기값들 중 실시간가격 제도 참여 비율에 따라 변하게 되는 값은 부하량과 연간 필요수입 등이다.

한편, 실시간가격을 계산하기 위해서는 수요함수를 정의할 필요가 있다. 수요함수는 여러 형태가 있으나, 본 연구에서는 다음과 같이 수요탄력성이 항상 일정한 값을 갖게 되는 Exponential 형태를 가정하였다.

$$d[p(t)] = d_o(t) \cdot \text{EXP} \left\{ \frac{\beta(t)[p(t) - p_o(t)]}{p_o(t)} \right\} \quad (3.1)$$

여기서, $d[p(t)]$: 가격이 $p(t)$ 일 때의 수요
 $\beta(t)$: 수요 탄력성
 $d_o(t)$: 가격이 $p_o(t)$ 일 때의 수요

3.3 한계비용함수

실시간가격을 계산하기 위해서는 시간대별 계통한계비용 계산이 필수적이다. 이 비용은 시간대별 경제급전계획 문제를 수행하면 가장 정확하게 해결될 수 있지만, 본 연구에서는 연산속도 개선을 위해 경제급전계획 문제를 수행하는 대신, 2차함수로 가정한 연료비함수를 기반으로 한계비용을 다음과 같이 계통수요에 대한 1차함수로 선형화하였다.

$$MC(t) = A + B \cdot Q(t) \quad (3.2)$$

여기서 A는 상수이고 B는 한계비용함수의 기울기, $Q(t)$ 는 t 시간에서의 계통부하이다. 물론 이 계통부하는 기존 요금제를 유지하는 소비자에 의한 부하와 실시간가격 제도를 채택하는 소비자에 의한 부하가 합산된 것이다. 본 논문에서는 과거 실적 데이터 및 현재 시스템을 이용한 샘플 연산 데이터로부터 A와 B를 추정하였다.

3.5 가격인상분 계산

수입(Revenue)과 운영비(Operating cost)를 계산한 후, 그 차이를 보정하기 위한 가격인상분을 결정한다. 먼저 소비자 유형별 판매수입은 다음과 같이 계산한다.

$$REV_r = \sum_{t=1}^{8760} P_r(t) Q_r(t) \quad (3.3)$$

따라서 전력회사의 총 판매수입은 다음과 같다.

$$REV_{Total} = \sum_{r=1}^4 REV_r \quad (3.4)$$

여기서 $P_r(t)$ 는 수입보정 절차를 거친 한계비용이고, 'r'은 소비자 유형을 나타낸다.

총 생산비(연료비)는 다음과 같이 한계비용함수를 계통수요에 대해 적분함으로써 계산된다.

$$VC = \sum_{t=1}^{8760} \int_0^{Q_{op}} MC(t) dQ \quad (3.5)$$

그 다음, 소비자 유형별로 판매수입에서 생산비를 차감하여 소비자 유형별 수익보정 금액을 계산하고, 이 수익보정 금액이 소비자 유형별로 영(0)이 될 때까지 프로그램을 반복 수행한다.

4. 사례 연구

4.1 사례연구 개요

본 절에서는 소비자 참여율을 고려한 실시간가격 모의 시스템 모형을 사용하여 부하 및 실시간 가격, 발전비용 및 총 효용에 대해서 분석한다. 편의상 연구대상 전력회사는 한국전력으로 한다. 그리고 소비자를 크게 기존 한전 요금체계를 유지하는 그룹과 실시간가격 제도를 채택하는 그룹으로 분류한 다음, 실시간가격 제도를 채택하는 비율에 따라 이 실시간가격이 어떻게 변화하는 지 검토하기로 한다. 실시간가격 제도 선택 비율은 10% 간격으로 총 11개의 시나리오(0%~100%)를 만들었다. 이 경우, 실시간가격 제도 선택 비율은 전체 부하에 대한 실시간가격 부하의 비로 정한다. 또한 한전의 기존 요금 수준은 수익보정이 충분하여 실시간가격 제도 채택 그룹에 대해 보정해야 할 수익 역시 참여비율 만큼만 보정하는 것으로 가정한다.

마지막으로 실시간가격 채택 소비자 그룹의 수요반응이 장기발전설비계획에 미치는 영향을 분석하여 실시간가격 제도를 채택하는 소비자 그룹에 제공 가능한 인센티브를 계산하기로 한다. 이러한 자료는 향후 스마트그리드 구축의 정책 방향을 결정하는 훌륭한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

4.2 기본 입력자료

실시간가격제의 영향을 명확히 하기 위해 소비자는 크게 주택용(residential), 산업용(industrial), 상업용(commercial), 기타(other)의 4 가지로 유형으로 분류하였다. 소비자 유형별 자료와 특징은 다음과 같다.

(1) 소비자 유형별 전력판매량 (GWh)

주거용	69,555
산업용	174,945
상업용	73,715
기타	7,317
합계	325,532

(2) 소비자 유형별 수익 (백만\$)

주거용	5,767
산업용	10,540
상업용	7,020
기타	304
합계	23,633

(3) 소비자 유형별 평균가격 (센트/kWh)

주거용	9.107
산업용	6.025
상업용	9.524

기타	4.167
평균	7.206

(4) 소비자 유형별 변동비 분담액 (백만\$)

주거용	1,045
산업용	2,630
상업용	1,108
기타	110
합계	4,894

(5) 소비자 유형별 고정비 분담액 (백만\$)

주거용	4,721
산업용	7,909
상업용	5,911
기타	194
합계	18,737

(6) 계통부하 (MW)

총발전용량	61,737
최대부하	54,631

(7) 계절/일(day) 유형

계절

봄/가을	3, 4, 5, 10, 11월
여름	6, 7, 8, 9월
겨울	12, 1, 2월

일 유형

High-day 평균부하보다 높은 주중
 Low-day High-day를 제외한 나머지
 주말 토요일, 일요일

표 1 각 타입의 날짜 수

Table 1 The number of days each season

	봄/가을	여름	겨울	총합
W/E	47	38	30	115
Low	81	64	45	190
High	25	20	15	60
총합	153	122	90	365

(8) 소비자 유형별 가격탄력성

표 2 소비자 유형별 가격탄력성

Table 2 Price Elasticity for each consumer type

	주거용	산업용	상업용	기타
가격탄력성	0.500	0.750	0.600	0.600

4.3 사례연구 결과

4.3.1 전기요금 수준

그림 2에서 그림 5까지는 실시간가격 제도 참여율이 각각 30%, 70%일 경우 여름 대표일의 전력가격(실시간가격)을 나

타낸 것이다.

부하가 높은 날에는 가격변화가 눈에 띄게 나타나고 이에 따른 부하변동이 예측된다. 부하가 낮은 날에는 실시간가격 수준이 기존 한전 요금 수준보다 상당히 낮아 부하유발이 예상된다. 이러한 특성은 실시간가격 제도 참여율이 클수록 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 주택용 부하 뿐만 아니라 산업용, 상업용 부하에서도 유사한 현상을 보였다.

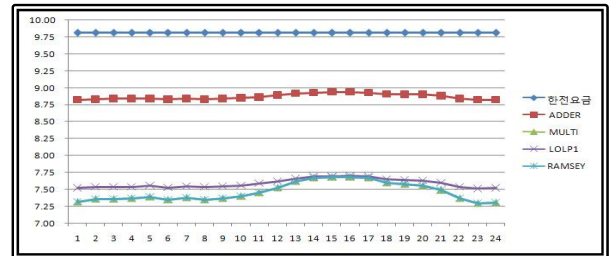


그림 2 참여율 30%, 여름 Weekend-Days 가격

Fig. 2 30% participation, Summer Weekend-Days Electricity prices

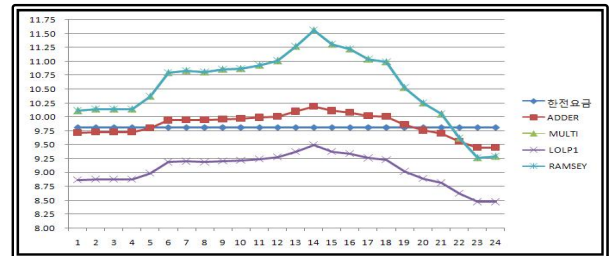


그림 3 참여율 30%, 여름 High-Days 가격

Fig. 3 30% participation, Summer High-Days Electricity prices

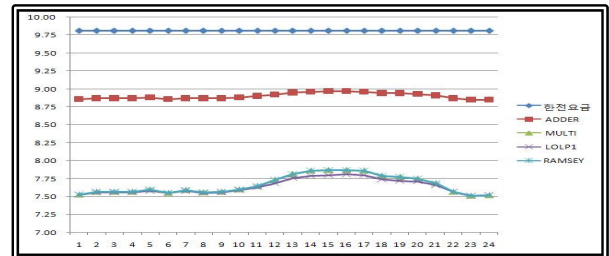


그림 4 참여율 70%, 여름 Weekend-Days 가격

Fig. 4 70% participation, Summer Weekend-Days Electricity prices

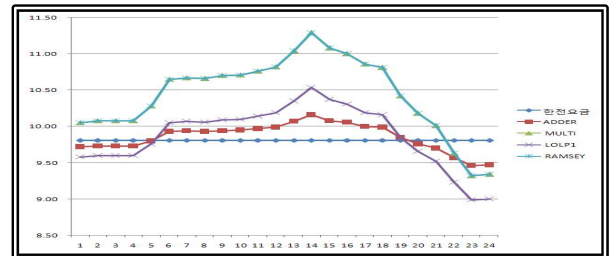


그림 5 70% RTP 참여시 여름 High-Days 가격

Fig. 5 70% participation, Summer High-Days Electricity prices

표 3 및 표 4는 참여율별 평균가격을 나타낸 것이다. 표에서 제2열은 기존의 한전 요금을 나타낸 것이고, 3, 4, 5, 6열은 수익보정 방법에 따른 실시간가격을 나타낸 것이다.

표 3 참여율 30%, 주택용 소비자의 평균가격

Table 3 30% participation, Average electricity prices for residential consumers

RESIDENTIAL SECTOR					
기간	한전 요금	ADDER	MULTI	LOLPI	RAMSEY
봄/가을 week	9.81	9.18	8.45	8.09	8.45
봄/가을 low	9.81	9.67	9.95	8.80	9.95
봄/가을 high	9.81	9.92	10.72	9.13	10.72
여름 week	9.81	8.87	7.48	7.60	7.48
여름 low	9.81	9.54	9.56	8.62	9.56
여름 high	9.81	9.88	10.60	9.08	10.60
겨울 week	9.81	9.20	8.50	8.11	8.50
겨울 low	9.81	9.60	9.73	8.70	9.73
겨울 high	9.81	9.95	10.83	9.18	10.83

표 4 참여율 50%, 주택용 소비자의 평균가격

Table 4 50% participation, Average electricity prices for residential consumers

RESIDENTIAL SECTOR					
기간	한전 요금	ADDER	MULTI	LOLPI	RAMSEY
봄/가을 week	9.81	9.19	8.52	8.23	8.52
봄/가을 low	9.81	9.67	9.93	9.16	9.93
봄/가을 high	9.81	9.91	10.64	9.60	10.64
여름 week	9.81	8.89	7.58	7.59	7.58
여름 low	9.81	9.55	9.56	8.92	9.56
여름 high	9.81	9.88	10.53	9.52	10.53
겨울 week	9.81	9.21	8.57	8.27	8.57
겨울 low	9.81	9.60	9.73	9.03	9.73
겨울 high	9.81	9.94	10.75	9.66	10.75

4.3.2 참여율별 부하 특성

다음 그림은 실시간가격 제도 참여율에 따른 부하특성을 보인 것이다.

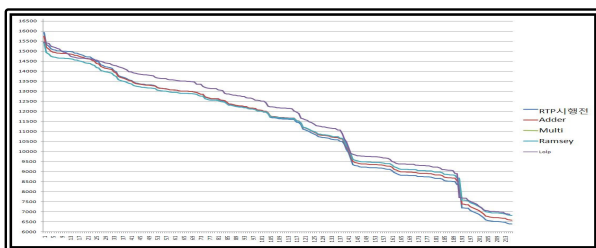


그림 6 참여율 30%의 경우
Fig. 6 30% participation case

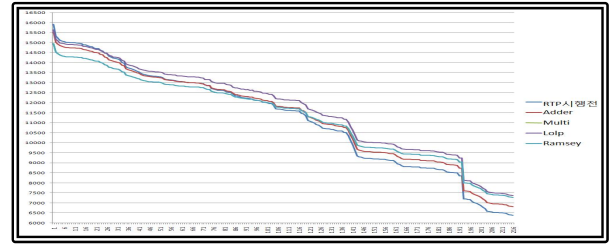


그림 7 참여율 70%의 경우
Fig. 7 70% participation case

LDC 결과로부터 알 수 있듯이 참여율이 높을수록 부하율 상당히 개선됨을 알 수 있다. 이러한 정보는 향후 전원계획 정책에 유용한 자료로 활용될 수 있다.

4.3.3 사회효용

그림 8은 참여율에 따른 사회효용을 보인 것이다. 이로부터 알 수 있듯이 참여율에 따라 사회효용이 뚜렷하게 증가함을 알 수 있다.

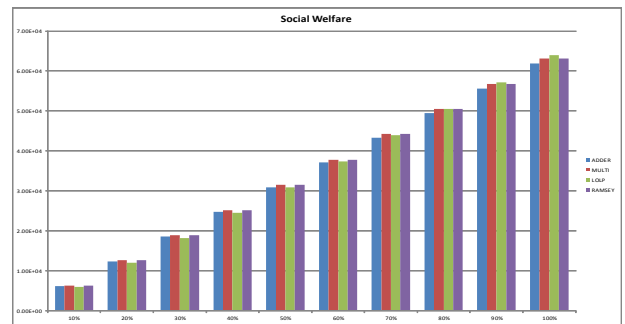


그림 8 소비자 참여율에 따른 사회효용 추이
Fig. 8 Change of Social welfare according to consumer participation

4.3.5 에너지 판매량

다음은 소비자 참여율에 따른 전력판매량 결과이다. 첨두부하는 감소하고 부하율이 개선되면서 전체 에너지 판매량은 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 요금이 적은 시간 때의 에너지 소비량이 증가하기 때문이다.

표 5 에너지 판매량

Table 5 Energy sales

	한전요금	ADDER	MULTI	LOLPI	RAMSEY
10%	2424282	2428525	2428157	2476037	2428154
20%	2424282	2433414	2431880	25128169	24318944
30%	2424282	24373469	2435638	2536885	2435659
40%	2424282	2441431	2439726	2547394	2439765
50%	2424282	2454005	2442724	2504402	2442728
60%	2424282	2449337	2443946	2540056	2443946
70%	2424282	2451372	2449722	2527626	2449780
80%	2424282	2456500	2452488	2540121	2452488
90%	2424282	2460405	2456604	2489424	2456604
100%	2424282	2460405	2460412	2448183	2460336

4.3.6 부하변동에 따른 전원계획 분석

실시간가격 제도 참여율에 따라 계통수요형태가 변하면 장기수급계획도 영향을 받게 된다. 본 연구에서는 WASP 모형을 활용하여, LDC 변화가 전원계획에 미치는 영향을 검토하였다. 주요 결과는 다음과 같다. 우선 실시간가격 제도 참여로 인한 최대수요의 감소에 따라 총건설비용은 5차수급계획에 비해 감소하였다. 그러나 전체 전력소비량이 증가하여 연료비용은 증가하였다.

한편 전원구성에도 다음과 같은 변화가 있었다. 원자력과 석탄화력은 변화가 없었지만, 대용량 석유화력은 증가하였다.

5. 결 론

스마트그리드 구축 사업의 핵심 중 하나는 실시간가격 제도의 구현에 있다. 본 논문에서는 한전이 실시간가격 제도를 소비자에게 제시하고, 기존 소비자 중 실시간가격 제도로 이전하는 비율, 즉 참여율에 따른 평균가격, 전력수요(판매) 변화를 검토하고, 마지막으로 이러한 수요 변화가 장기전력수급계획에 미치는 영향을 검토하였다.

평균가격의 경우 실시간가격 제도 참여율이 높아질수록 전체 가격수준은 낮아지는데 반해 총 전력소비량은 증가하였다.

수급계획의 경우, 다소의 전원구성 변화가 있었으며, 총 건설비는 5차 수급계획에 비해 다소 낮아짐을 확인하였다. 이렇게 절감된 공급비용은 실시간가격 제도 참여 소비자에 대한 인센티브, 또는 수요관리 인센티브로 활용할 수 있을 것이다.

다만, 본 연구에서는 한계비용을 경제급전에 의해 구하는 대신 2차함수 형태의 비용함수를 기반으로 1차함수로 간략화하여 계산에 이용하였기 때문에 다소의 계산오차를 초래하였으며, 수급계획 검토에 있어서도 전사모형 운전의 여러 제약요소로 인해 지극히 한정된 범위 내에서 분석작업을 수행하였기 때문에 연구자의 방법에 따라 다소 상이한 결과를 초래할 수 있음을 밝혀 둔다. 이 부분은 후속 연구에서 보완해야 할 점이다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 홍익대학교 학술연구진흥과제 및 2011년 한국서부발전 정책과제의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

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] Fred C. Schweppe et al. "Spot Pricing of Electricity", Kluwer Academic publishers, 1998

[3] George J. Stigler, "The Theory of price", 4-th ed., Macmillan, pp.218-222, 1987

[4] Stepaen M. Barrager, "Assessment of Simple Joint Time/Risk Preference Functions", Management Science,

Vol.26, No.6: 620-632, June 1980

[5] Sharky Brown, David Sibley, "The Theory of Public utility Pricing", Addison Wesley, 1986

[6] 이준구, "미시경제학", 제 2 판, 법문사, 1995

[7] 실시간요금제 실용화 연구, 한국전력공사, 전력경제처, 1994

[8] 김발호, "실시간요금제 설명자료", 1998. 7

[9] 김발호, "한계비용에 의한 요율산정", 1998. 8

[10] 이승훈, 김발호, 박종배, "전력시장 경쟁도입을 위한 기초연구", 한국전력공사 전력산업구조조정실, 1999. 8

[11] 김발호, 박종배, "전력산업 구조개편 개론", 기초전력공학공동연구소, 1999, 8

[12] KPX, "KPX Knowledge Power 2009", 유천문화사, 2009.6.15

[13] 지식경제부, "스마트그리드 로드맵", 2010.1.25

[14] 비즈니스 인포메이션 리서치, "저탄소 녹색성장을 위한 스마트그리드 시장 전망과 사업전략", BIR, 2009.12.9

저 자 소 개



박 성 완 (朴 城 完)

1982년 5월 1일생, 2009년 홍익대 전기공학부 졸업. 2011년 동 대학원 전기정보제어공학과 석사 졸업. 2011년~현재 삼성엔지니어링 재직중.

Tel : 02-2053-7224

Fax : 02-3458-4024

E-mail : psw0131@nate.com



김 발 호 (金 發 鎬)

1962년 7월 12일생. 1984년 서울대학교 전기공학부 졸업. 1984~1990년 한국전력공사 기술연구본부 전력경제연실 근무. 1992년 Univ. of Texas at Austin 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 졸업(공학박사). 1999년~현재 홍익대학교 전기정보제어공학과 교수

Tel : 02-320-1462

Fax : 02-320-1119

E-mail : bhkim@wow.hongik.ac.kr