2011년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2011. 7. 20 - 22

상시수요관리에서의 CBL 연구

고종민*, 박상후**, 노재구**, 최승환**
한전 전력연구원*, 한전 전력연구원**,

The study for Customer Baseline Load in Day-Ahead Demand Response

Jong-min Ko*. Sang-hoo Park**. Jae-koo Noh**. Young-jun Kim**. Seong-Hwan Choi**
Korea Electric Power Research Institute*,Korea Electric Power Research Institute**

Abstract - 본 논문에서는 전력시장가격(SMP, SYstem Marginal Pricing, 이하 SMP)이 급등하여 발전비용이 증가할 경우, Utility의 신호에 의해 전력사용을 줄이거나 소비량이 낮은 시간대로 이동을 유도함으로써 전력소비자의 패턴을 바꾸도록 유도하는 상시수요관리에 있어서, 전력소비자의 기저부하(CBL, Customer Baseline Load, 이하 CBL) 산정방법에 관하여 기술한다. 제안하는 방법은 현재 KEPCO에서 시행하고 있는 상시수요관리에 대해 소개하고, 전력소비자의 CBL산정방법을 제시하고, 실제 적용된 정확도를 분석하고 그 결과를 제시하였다.

1. 서 론

현재 한국의 전력시장은 전력계통 운용기관, 여석개의 Generation, Transmission, Distribution으로 구성되어 있다. 이러한 환경에서 Power market price는 가장 높은 발전연료가격에 의해 결정된다. KEPCO는 전력시장에서 Power market Price로 전력을 구입하여 전력소비자에게 판매하고 있다. 최근 전력시장가격을 살펴보면, '06년 79.07원에서 '07년 83.75원, '08년 122.24원, '09년 4월 평균 149.17원으로 지속적으로 상승하고 있으며, 이에 따라 전력구입비는 '06년 19조에서 '07년 22조, '08년 29조로 큰 폭으로 증가하고 있다. 그러나 KEPCO의 판매단가는 규제에 묶여 '98년부터 '08년동안 10.2% 상승에 그치고 있다. 이는 구입단가는 발전원가를 반영하여 상승하고 있지만, 판매단가는 소폭으로 상승했음을 알 수 있다. 이로 인해 전력을 구입하여 판매하는 한국전력공사의 경우 전력구입비가 지속적으로 증가하여 재무위험에 직면하였으며, 이러한 부담을 줄이기 위한 역마케팅(Demarking) 전략이 요구되고 있다. 이러한 방법은 전력시장가격이 비쌀 때 사용량을 줄여 전력시장가격을 낮추는 행위이다. 기존의 수요관리는 전력계통의 신뢰도를 증가시키기 위해 시행하는 경우가 대부분이었지만 새로 시행하고 있는 상시수요관리는 전력시장가격과 연계하여 발전비용을 줄이는 경제성 DR이라고 볼 수 있다.[1][2] 본 논문에서는 먼저 KEPCO가 시행하고 있는 상시수요관리프로그램에 대해 소개하고, 전력수요 절감량 산출과 정산의 기준이 되는 일반적인 전력소비자 기준부하(Customer Baseline Load, 이하 CBL)의 산출방법에 대해 조사하여 기술하고, KEPCO 상시수요관리프로그램의 CBL에 따라 실제 전력소비자에게 적용된 CBL에 대하여 기술한 다음 맺는다.

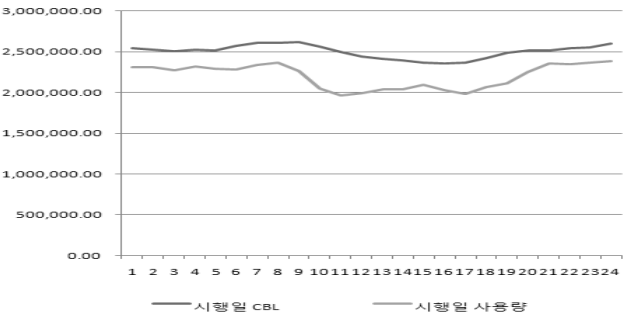
2. 본 론

2.1 KEPCO의 상시수요관리 프로그램

서론에서 언급한 수요관리 기법 중 최근 들어 가장 많이 사용하는 프로그램이 수요반응(Demand Response, 이하 DR)이다. 이 프로그램은 전력시장가격이 높거나, 전력사업자의 전력구입비용이 증가하거나, 전력계통 신뢰도가 낮을 경우, 전력소비자에게 신호를 제공하여 정상적인 전력소비패턴을 변화시키는 행위를 지원하는 프로그램이다[3][4]. KEPCO는 전력시장의 가격신호에 따라 수요와 공급의 원활한 상호작용을 통해 전력소비자가 전력사용량을 근본적으로 절감하거나, 사용 패턴을 변화시켜 고비용 발전연료 사용을 제한함으로써 Power Market Price을 낮춤을 유도하는 상시수요반응(Constant Demand Response) 프로그램을 적용하고 있다. 이 프로그램은 하절기(7-8월)을 제외한 기간동안 전력시장가격이 높은 시간대에 전력소비를 줄이는 신호를 발생하고, 전력소비자는 이러한 신호를 이용하여 전력소비를 조절하는 프로그램이다. 이 프로그램이 하절기를 제외한 기간에 시행하는 경우는 발전사의 발전기 예방정비가 하절기를 제외한 기간에 시행하여, 그기간동안 전력공급이 감소하여 전력시장가격이 상대적으로 상승한다. 이에 따라 상승하는 전력시장가격으로 인해 KEPCO의 구입가격도 상승하게 되므로 재무건정성 확보차원의 포트폴리오 일환으로 시행하고 있다.

2.2 일반적인 고객기준부하(CBL) 산정방법

일반적인 DR 프로그램에서 수요절감량은 전력소비자의 시간대별 수요데이터(Load Profile)를 이용하여 계산한다. 즉 수요절감량은 각 시간대별 전력소비자 기준부하와 실부하 측정값의 차이로써 계산된다[5][6]. KEPCO에서 제시하는 전력소비자 기준부하(CBL)산정기준은 DR이 시행되지 않은 평일의 10일 또는 그 이전일의 시간대별 수요데이터를 기본으로 단순평균 방법에 의해 결정되며, 적어도 DR 시행45일 이전의 시간대별 수요데이터를 사용한다.



<그림 1> CBL을 이용한 수요절감 비교 예

그림 1은 수요절감기간동안 CBL과 실제 사용량에 대한 결과를 비교한 그래프이다. 그림에서 알수 있듯이 수요절감량은 실제 사용량과 CBL의 차이에 따라 결정되므로 정확한 CBL산출이 중요함을 알수 있다.

국내의 상시수요관리와 국외에서 사용하고 있는 CBL산출방식을 예를 들면 다음과 같다.

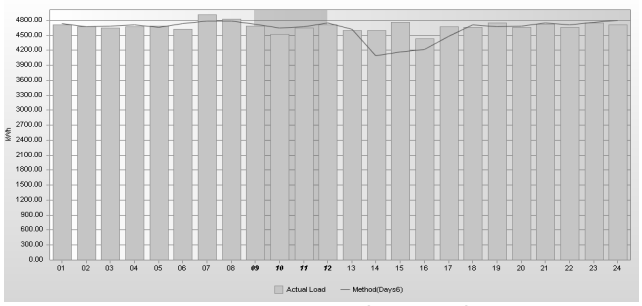
○ PJM의 경우,이벤트 시행이전 평균전력사용량의 상하 25%를 제외한 5일의 평균값 범위안의 평균값보다 높은 4 days를 선택하여 CBL을 계산.

○ NYISO의 경우, 이벤트 시행이전 평균전력사용량의 상하 25%를 제외한 10days의 평균값 범위안의 평균값보다 높은 5일을 선택하여 CBL을 계산.

○ CMTA(California Manufacturers Technology Association)의 경우, 이벤트 직전 10일간에 대한 수요의 평균값으로 CBL을 계산

○ ISO_NE의 경우, 평균전력사용량이 상하25%를 제외한 7일 평균값을 선택하여 CBL을 계산.

○ 상시수요관리 프로그램에서는 10일중 상하2일을 제외한 6일 평균값을 선택하여 CBL을 계산하고 있다. 공통적으로 비정상근무일, 휴일, 조업중단, 이벤트 시행일은 배제하여 산출한다.



<그림 2> 섬유제조업('11.4.22)

그림2는 예시한 CBL산출방법 중 KEPCO의 섬유제조업 고객을 대상으로 실제 적용한 CBL결과이다.

2.3 현행 상시수요관리의 고객기준부하(CBL) 적용

기존의 Power System Reliability 확보를 위해 전력사업자가 시행하는 전력사업자 주도형 수요관리프로그램은 Peak Curtailment를 하기 위해 대부분 주 1-2회 시행하므로 예시된 단순평균방법을 많이 사용한다. 그러나 KEPCO의 상시수요반응 프로그램은 하계를 제외한 기간에 주 3-4회 이상 연속적으로 시행되므로 단순평균방법으로 CBL을 산출하기 위해서는 상당히 오래된 과거일의 시간대별 수요데이터를 이용해 계산되므로 최신의 수요패턴을 반영할 수 없다. 그러나 가급적 기존의 수요관리 절차에 따라 기존의 방법을 적용하여 사용하고 있다. 상시수요관리 프로그램에서는 10일중 상하2일을 제외한 6일 평균값을 선택하여 CBL을 계산하고 있다. 공통적으로 비정상근무일, 휴일, 조업중단, 이벤트 시행일은 배제하여 산출한다.

일	월	화	수	목	금	토
04/03	04/04	04/05 비정상부하(최대) 4,794.84	04/06 정상부하 4,695.48	04/07 정상부하 4,683.24	04/08 정상부하 4,688.64	04/09
04/10	04/11 정상부하 4,633.92	04/12 이벤트일	04/13 정상부하 4,682.52	04/14 비정상부하(최소) 4,589.64	04/15 비정상부하(최대) 4,700.52	04/16
04/17	04/18 비정상부하(최소) 4,619.16	04/19 이벤트일	04/20 정상부하 4,668.48	04/21	04/22 CBL산정대상일(02시) CBL : 4,675.38	04/23

<그림 3> CBL 적용 예

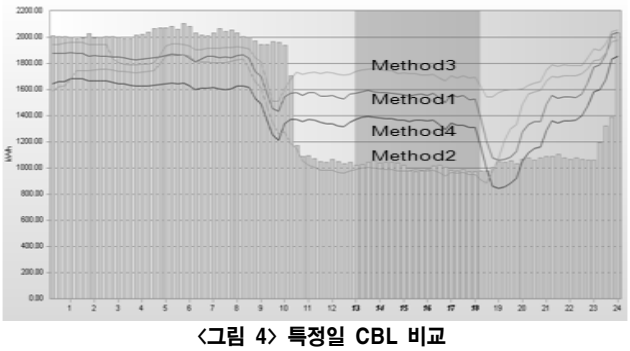
그림 3은 섬유제조업 고객의 특정일에 대한 CBL계산 예이다. 그림에서 보듯이 이벤트일(4.22)에 대한 CBL을 산정하기 위해서는 휴일, 비정상근무일, 이벤트시행일을 제외한 정상부하를 기준으로 산정한다. 이 경우 과거 4월 5일까지 참조하고 있으므로 계절적 특성이 있는 한국의 경우에는 적합하지 않을 수 있다. 한국의 경우 계절적 특성이 봄 4개월(3월~6월), 여름 2개월(7월, 8월), 가을 2개월(9월, 10월), 겨울 4개월(11월~2월) 로 반복되고, 계절별로 기온, 강수량, 습도, 불쾌지수 등 외적요인이 전력사용량을 크게 좌우함에 따라 정확한 CBL산출을 위해서 반드시 최근의 과거일을 참조해야 하는 것이 바람직하다.

2.4 일반적인 고객기준부하(CBL) 비교

KEPCO의 고객별 기준은 산업종별과 계약종별로 구분되는데, 이러한 고객의 수요특징은 고객별로 일별, 요일별, 과거 적용일 기준으로 상이한 수요패턴이 존재하며, 고객기준부하(CBL)산출 알고리즘에서 과거일 적용방법에 따라 최근의 수요패턴에 대한 반영이 없어 오차가 발생한다는 것이다. 따라서 기존 산술평균방법에 대한 오차율 분석을 통해 계량화된 산정방법 확보 및 표준산정방법의 기준이 필요하다. 따라서 각각의 고객기준부하(CBL)에 대한 결과는 비교 분석하고자 한다. 고객기준부하(CBL)의 오차율은 다음과 같이 계산한다.

(실부하량(kWh) - CBL 부하량(kWh))/실부하량(kWh)

본 테스트데이터는 부하변동이 심한 고객의 2008년 9월부터 2009년 4월 사이의 월별 연속 5일의 15분 전력사용량 3360개를 대상으로 하였으며, 선택된 일의 15분 고객기준부하곡선을 계산하였다.
비교되는 CBL 산정방법은 다음과 같다.
Method1 정상일 5일중 상위 1일을 제외한 4일 평균법
Method2 정상일 5일중 하위 1일을 제외한 4일 평균법
Method3 정상일 7일 평균법
Method4 정상일 10일중 상위 2일 및 하위 2일을 제외한 6일 평균법



<그림 4> 특정일 CBL 비교

<표 1> 실사용량에 대한 Method4의 CBL 오차율 결과

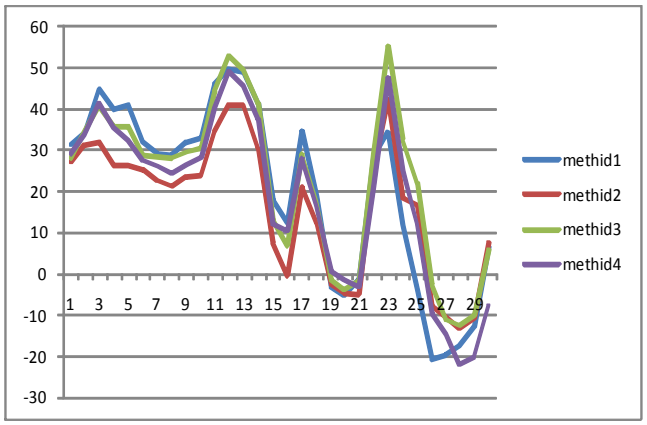
시간	사용량	기존 CBL	오차율(%)
2008-09-22	873.00	1128.20	29.23
2008-09-22	818.40	1092.80	33.53
2008-09-22	783.00	1106.10	41.26
2008-09-22	809.40	1094.40	35.21
2008-09-22	771.00	1020.90	32.41
2008-09-22	757.20	963.50	27.25
2008-09-22	733.20	924.10	26.04
2008-09-22	720.00	893.60	24.11
2008-09-22	700.80	885.40	26.34
2008-09-22	693.00	888.40	28.20
2008-09-22	691.80	970.90	40.34
2008-09-22	664.80	989.50	48.84
2008-09-22	666.60	970.90	45.65
2008-09-22	669.00	919.70	37.47
2008-09-22	769.80	863.60	12.18
2008-09-22	817.20	902.10	10.39
2008-09-22	670.20	857.50	27.95
2008-09-22	744.00	866.60	16.48
2008-09-22	849.00	854.60	0.66
2008-09-22	853.20	839.10	-1.65
2008-09-22	837.60	809.90	-3.31
2008-09-22	651.60	788.10	20.95
2008-09-22	576.60	850.30	47.47
2008-09-22	715.20	893.70	24.96
2008-09-22	862.80	966.30	12.00
2008-09-22	1192.20	1079.40	-9.46
2008-09-22	1308.00	1113.50	-14.87
2008-09-22	1348.20	1052.00	-21.97
2008-09-22	1264.80	1006.40	-20.43
2008-09-22	1042.20	960.60	-7.83

현재 적용하고 있는 고객기준부하(CBL)는 실제 사용량과 약 8%의 오차율을 나타내고 있다. 이는 실제 수요관리효과가 과(소)평가되고 있으며, 인센티브의 지급수준도 과(소)지급되고 있음을 볼 수 있다. 따라서 다양한 방법의 고객기준부하(CBL)산정방법을 적용한 수 오차율(%)을 비교분석하여 최적의 산정방법을 제시할 필요가 있다. 각각의 계산방법에 의해 산출한 오차율은 아래 표와 같다.

<표 2> Method 1 ~ 4의 CBL 오차율(%)

시간	Methid 1 오차율(%)	Methid 2 오차율(%)	Methid 3 오차율(%)	Methid 4 오차율(%)
2008-09-22	31.25	26.94	27.98	29.23
2008-09-22	33.93	31.29	34.36	33.53
2008-09-22	44.69	31.86	40.53	41.26
2008-09-22	39.81	26.46	35.86	35.21
2008-09-22	41.03	26.34	35.61	32.41
2008-09-22	31.89	25.16	28.82	27.25
2008-09-22	29.26	22.46	28.49	26.04
2008-09-22	28.69	21.04	27.92	24.11
2008-09-22	31.79	23.50	29.51	26.34
2008-09-22	33.03	23.87	30.43	28.20
2008-09-22	45.92	34.24	44.03	40.34
2008-09-22	49.59	40.84	52.95	48.84
2008-09-22	49.08	40.93	49.21	45.65
2008-09-22	41.41	30.61	41.13	37.47
2008-09-22	17.83	7.60	12.93	12.18
2008-09-22	12.48	-0.55	6.65	10.39
2008-09-22	34.74	20.97	29.02	27.95
2008-09-22	18.67	12.52	17.74	16.48
2008-09-22	-3.39	-2.76	-1.43	0.66
2008-09-22	-5.49	-4.61	-3.89	-1.65
2008-09-22	-1.45	-5.18	-2.05	-3.31
2008-09-22	28.13	25.48	29.28	20.95
2008-09-22	34.29	42.46	55.31	47.47
2008-09-22	11.77	18.33	32.47	24.96
2008-09-22	-4.03	16.55	22.02	12.00
2008-09-22	-20.58	-7.88	-2.72	-9.46
2008-09-22	-19.82	-10.49	-11.47	-14.87
2008-09-22	-17.71	-13.28	-12.82	-21.97
2008-09-22	-12.88	-11.02	-10.13	-20.43
2008-09-22	6.64	7.63	5.80	-7.83

그림 5에서 나타나듯이 각각의 산출방식에 따라 오차율(%)이 다르며, 4가지의 고객기준부하(CBL)에 대한 현 수준을 분석하여 최적의 방식으로 선택 및 적용할 필요가 있다. 기존 고객기준부하(CBL)의 경우는 평균 8.90, 표준편차 42.33을 보이고 있는 반면, Method2의 경우는 평균 8.06, 표준편차 41.48을 보이고 있다. 4가지 방법에 대하여 각각 최대극단값 분포 모형을 바탕으로 계산한 공정능력을 비교한 결과, 공정능력은 유사하나, Method2가 평균이 개선됨을 알 수 있다.



〈그림 5〉 CBL 오차율

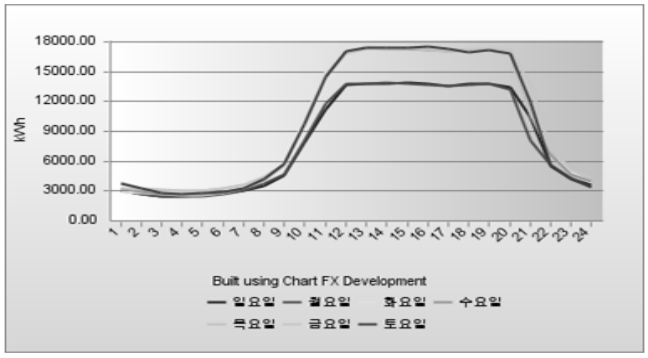
〈표 3〉 CBL 비교분석 결과

구분	Method1	Method2	Method3	Method4
공정능력(Z)	0.64	0.75	0.72	0.81
평균	16.05	8.05	9.17	8.89
인센티브지급액	3,107백만원	2,612백만원	2,963백만원	2,880백만원

Method2 산정방법을 적용시에는 오차율(%) 평균이 개선되어, 수요관리 효과가 그만큼 상승하고 수요절감량(kWh)에 대한 인센티브(원/kWh) 지급액을 절감할 수 있다.

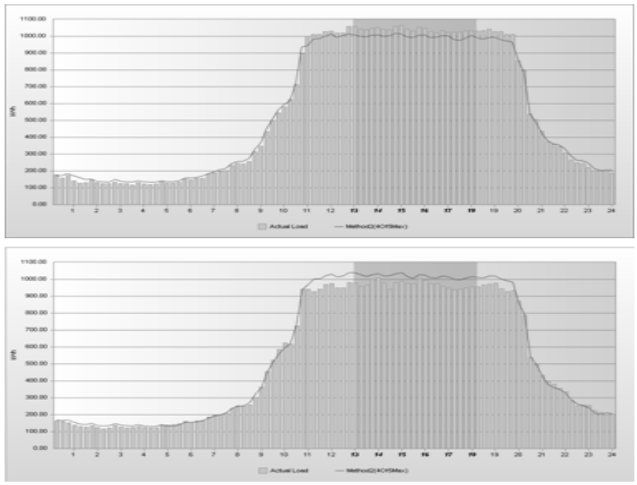
2.5 요일별 고객기준부하(CBL) 산정방법 적용

그러나 대다수 고압고객의 경우에는 요일별 부하패턴이 존재한다. 아래 그림 6은 특정고객에 대한 요일별 부하패턴의 예이다.



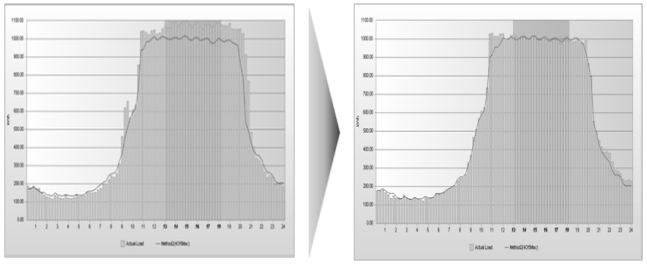
〈그림 6〉 요일별 특정고객의 부하패턴

따라서 똑같은 방법으로 고객기준부하(CBL)를 산정하더라도 요일에 따라 그 차이가 존재한다.



〈그림 7〉 요일별 고객기준부하(CBL) 비교

그림 7에서 나타났듯이 요일별(상위 화요일, 하위 목요일)별 CBL의 차이를 볼 수 있다. 이러한 오차를 줄이기 위해서는 기존에는 요일을 반영하지 않고 과거일 기준으로 고객기준부하(CBL)를 산출하였으나, 이를 요일별로 고객기준부하(CBL) 산정방법을 기준으로 평균을 구하는 방식이다. 이러한 방법은 고객의 요일별 부하패턴을 반영하여 그 오차를 줄일 수 있다.



〈그림 8〉 요일별 CBL 적용 전·후

이러한 방법을 적용한 결과 오차율(%)이 평균 7.84%에서 0.35%로 감소하였다.

3. 결 론

상시수요관리에서 고객기준부하(CBL)은 전력소비자의 전력사용량에 대한 부하패턴을 예측하기 위한 기준이며, 이 기준에 따라 수요절감량, 인센티브 정산 등에 활용되는 매우 중요한 요소이다. 본 논문에서는 실사용량과 예측된 고객기준부하(CBL)와의 오차가 적은 최적의 고객기준부하(CBL) 산정방법을 도출하고, 이를 기준으로 전력소비자의 요일별 부하패턴을 반영하는 방법을 도출하였다. 이는 상시수요관리뿐만 아니라 신뢰도부하관리프로그램에도 적용하여 정확한 고객기준부하(CBL)산정에 도움을 줄 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 수요측 전력사용량 예측을 위한 수요패턴 분석 연구,KIEE. 2008, 제57권, 8호
[2] 전력소비자의 단기수요예측을 위한 전력소비패턴과 환경요인과의 관계 분석, KIEE. 2010, 제59권, 11호, pp.35~40
[3] 스마트그리드 기반의 실시간요금제 및 DR운영시스템 구현, KIEE. 2009, 제 59권, 11호, pp.28~34
[4] 상시수요응답(Day Ahead Dernand Response) 운영에서의 CBL 활용방안 연구, KIEE, 2009, 제58권, 1호, pp.28-34