ISSN 1975-8359(Print) / ISSN 2287-4364(Online)
The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 65, No. 7, pp. 1128~1134, 2016
http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2016.65.7.1128

사내요금제를 활용한 대규모 수용가 수요반응에 관한 연구

Demand Response of Large-Scale General and Industrial Customer using In-House Pricing Model

김 민 정*
(Min-Jeong Kim)

Abstract - Demand response provides customer load reductions based on high market prices or system reliability conditions. One type of demand response, price-based program, induces customers to respond to changes in product rates. However, there are large-scale general and industrial customers that have difficulty changing their energy consumption patterns, even with rate changes, due to their electricity demands being commercial and industrial. This study proposes an in-house pricing model for large-scale general and industrial customers, particularly those with multiple business facilities, for self-regulating demand-side management and cost reduction. The in-house pricing model charges higher rates to customers with lower load factors by employing peak to off-peak ratios in order to reduce maximum demand at each facility. The proposed scheme has been applied to real world and its benefits are demonstrated through an example.

Key Words : Demand response, In-house pricing model, Peak to off-peak ratio, Critical peak pricing, General and industrial tariff

1. 서 론

전력회사의 제반 활동 중에 하나인 수요 반응은 최소의 비용으로 소비자의 전기에너지 서비스 욕구를 충족시키면서 소비자의 전기사용 패턴을 합리적인 방향으로 유도하기 위한 전력회사의 제반 활동이다[1,2]. 이러한 수요 반응의 궁극적 목적은 전력수요를 합리적으로 조절하여 부하율 향상을 통한 원가절감과 전력 수급 안정을 도모함과 동시에 국가적인 에너지 자원 절약에도 기여하는데 있다. 수요반응은 크게 두 가지로 분류될 수 있는데 요금제 기반 프로그램과 인센티브 기반 프로그램이다[1,3]. 요금제 기반 프로그램은 누진제, 실시간 요금제, 피크요금제 등이 있으며 인센티브 기반 프로그램은 부하관리요금지원제도(자율절전, 하계휴가보수지원제도)와 부하관리기기 지원제도(축냉식 냉방지원제도, 원격제어에어컨, 최대전력관리장치 지원제도)등이 있다[3,4].

이 중 요금제 기반 프로그램은 수용가가 우선 자체적으로 전력소비 패턴을 분석하여 최적의 요금제를 선택하여 적용할 것이고 다음으로 수용가가 지불하는 전기요금의 시간대별 차등에 반응하여 수용가 스스로가 전기사용을 변화시킴으로써 요금차이가 클 경우에는 이러한 요금 구조에 반응하여 자신의 전력소비 패턴에 변화를 줄 것이다. 예를 들어 전기 사용시간의 조정이 가능한 경우에는 가격이 높은 시간대에서 낮은 시간대로 전기 사용시간을 변경하여 전기요금을 낮출 수 있다. 그러나 일반용 및 산업용 등 대규모 수용가들 중 업종에 따라서 전기 사용시간의 조정이 불가능한 수용가들도 많으며 이러한 수용가들은 자신의 전력소비 패턴을 분석하여 전기요금 절감을 위해 스스로 최대수요를 억제하도록 유도해야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 다수의 사업장을 갖고 있는 대규모 수용가들이 전기요금 절감 및 자체 수요관리를 위해 적용할 수 있는 사내 요금제를 제시하는데 목적을 두고자 한다. 연구 범위는 국내외 대규모 수용가들을 위한 다양한 요금제와 효과를 조사하고 대규모 수용가의 사업장별 전기 사용행태를 기반으로 요금제를 제시하는 것으로 한정하였다. 연구방법으로는 우선 대규모 수용가의 사업장별 전력소비 패턴에 따라 최대부하 대비 최소부하 비율(Peak to Off-peak Ratio : POR, 이하 POR)을 사용하여 피크시간대 동안 부하관리를 할 수 있는 사내요금제 모델을 제안한다. 이 연구는 실제 대규모 수용가의 사업장별 일별 전력소비 패턴 데이터들을 기반으로 분석하였으며 실제로 해당 수용가에 적용함으로써 현행 요금제 대비 변화 내역 및 효과를 정리하였다.

2. 이론적 배경

현재 우리나라는 6가지 용도에 따라 구분되는 용도별 전기요금체계로 운영되고 있다. 전기요금체계의 분류는 주거생활을 위한 주택용, 학교나 박물관에 적용되는 교육용, 광업이나 공업 분야에서 사용하는 산업용, 농업이나 어업을 위한 농사용, 가로등과 보안등에 적용되는 가로등, 공공건물이나 영업활동을 위한 일반용

* Corresponding Author : Dept. of Consumer Economics, Sookmyung Women's University, Korea.
E-mail:min-jeong.kim@sm.ac.kr
Received : April 21, 2016; Accepted : June 3, 2016

Copyright ⓒ The Korean Institute of Electrical Engineers
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

요금으로 구분되고 있다[5]. 표 1의 용도별 전기요금의 특징을 살펴보면 주택용과 일반용, 교육용에 대하여는 상대적으로 높은 요금을 적용하여 소비부문의 에너지 절약을 유도하고 상대적으로 산업용과 농사용에 대해서는 낮은 요금을 적용하여 산업경쟁력 향상 및 농어민 보호를 위한 정책적 배려를 수행하고 있다. 특히 주택용, 농사용, 가로등을 제외한 일반용, 교육용, 산업용에 대해서는 수요관리에 의한 자원이용의 합리화 도모를 위해 계절별 및 시간대별로 차등요금을 적용하고 있다. 계절별 차등요금은 연중 최대수요 발생시기인 여름에 비싼 요금을 적용하며 시간대별 차등요금은 하루 중 전력수요 집중시간에 비싼 요금을 적용한다.

표 1 용도별 전기요금체계[5]
Table 1 Level of electricity rate

구분	적용 범위	요금체계	판매단가 (원/kWh)
주택용	주거용	6단계 누진제	124.18
일반용	공공, 영업용	계절별 차등(6~8월 고율) 300kW 이상 시간대별 차등	146.64
교육용	학교, 도서관, 박물관	계절별 차등(6~8월 고율) 1000kW 이상 시간대별 차등	131.97
산업용	광, 공업용	계절별 차등(6~8월 고율) 300kW 이상 시간대별 차등	119.01
농사용	농, 림, 어업용	단일요금(농사용(갑), 농사용(을) 저압) 농사용(을) 고압 : 계절별 차등	48.11
가로등	가로, 보안등	갑(정액등), 을(종량등)	123.81

우리나라는 2013년 11월 21일부터 교육용을 제외한 모든 용도별 전기요금이 인상되었으며 그 중 일반용과 산업용이 가장 많이 인상되었는데 이는 전기 다소비 산업구조를 절전으로 유인하겠다는 목적이 크다[6]. 이와 같이 일반용과 산업용의 전기요금 인상폭이 가장 높지만 일반용과 산업용에게 피크요금제의 종류인 수요관리형 선택요금제 I/II를 선택할 수 있게 하여 자발적인 피크 관리 노력에 대한 인센티브를 부여받을 수 있게 하였다. 수요관리형 선택요금제 I은 고압A 전력을 사용하는 일반용(을), 산업용(을) 수용가들을 위한 요금제로 동계와 하계 각 60여일 중 높은 요금이 부과되는 피크일을 10일 내외로 지정해 피크일 중 최대부하 요금을 대폭 할증하고 나머지 기간에는 부하 구간별로 현재보다 할인된 금액을 차등 적용하는 제도이다. 수요관리형 선택요금제 II는 고압B, C 전력을 사용하는 일반용(을), 산업용(을) 수용가에게도 여름철과 봄, 가을철의 최대부하 요금을 적용하는 현행 6시간에서 3시간으로 축소해 높은 요금을 부과하고 나머지 3시간은 중간부하 요금 수준으로 할인해주는 제도이다[5]. 이와 같은 수요관리형 선택요금제를 적용할 경우 부하율이 낮고 최대부하 시간대에 전력사용량이 많은 수용가를 제외한 수용가들은 현행 요금대비 전기요금이 절감될 수 있다.

다른 나라의 전력요금 제도를 살펴보면 전력요금에 대한 보편적 제도는 존재하지 않으며 자국 전력시장의 환경 및 제도 등에 따라 다소 차이가 있음을 볼 수 있다. 미국의 경우는 실시간 요금제 및 피크요금제 등 요금의 변화를 통한 수요반응 프로그램을 적용하고 있으나[7] 일본과 프랑스를 제외한 대부분 유럽국가의 경우에는 전력요금의 변화를 통한 수요반응 유도에는 적극적이지 않다[8]. 우선 미국의 경우에는 전력산업 구조개편을 계기로 소비자의 자발적 수요반응 프로그램 참여가 활기를 띠면서 뉴욕주의 전력회사인 Con Edison은 하루 전 단일 실시간 요금제를 도입하여 시행하고 있으며[9] Georgia Power는 2부 실시간 요금제를 시행하고 있다[7]. 또한 미국의 여러 도시에서 여러 종류의 수용가를 대상으로 요금제에 따라 최대부하의 변화를 관찰한 연구들이 있는데 Faruqui 와 Sergici[10]는 최근 15건의 실험을 서베이한 결과 계시별 요금제는 최대부하를 3~6 퍼센트 감소시켰으나 피크요금제를 적용한 경우 최대부하가 13~20 퍼센트 감소함을 발견하였다. 이와 같이 미국에서 피크요금제의 효과를 실험한 연구로는 Faruqui 외[11], Newsham과 Bowker[12], Stromback 외[13]가 있다.

일본의 동경전력은 계시별 요금제를 시행하고 있으나 아직 피크요금제 및 실시간 요금제 등 선택요금제를 확대하고 있지는 못한 상황이다[8]. 유럽국가 중 프랑스의 EDF는 계시별 요금제뿐만 아니라 색깔별 구분을 통하여 피크요금제를 성공적으로 운영하는 국가로서 평가되고 있으며[14] 이러한 피크요금제에 대한 효과는 소비자의 전력소비 감축으로 나타나고 있으며 이탈리아의 ENEL의 경우에는 기본적으로 고정요금제를 시행하면서 계시별 요금제도 병행하고 있는데 계시별 요금제에 대한 연구결과는 수요 감축 효과가 미미한 것으로 제시되고 있다[15]. 우리나라의 일반용과 산업용 요금제와 유사한 용도에 대한 수요반응 활동에 관한 연구로는 우선 산업 및 상업 고객들을 대상으로 한 실시간 요금제를 적용한 사례에 관한 연구가 있는데 적용 결과 고객들의 75%가 최대부하 기간에서 경부하 기간으로 전기 사용을 이전시켰음을 발견하였다[16]. 또한 Schwarz 외[17]에서 실시간 요금제를 산업 고객에 적용시킨 결과 여름철 최대부하의 대략 8%가 감소된 결과를 볼 수 있었다. 가격탄력성 측면의 연구결과를 보면 대규모 수용가들을 대상으로 실시간 요금제를 적용한 결과 평균 가격 탄력성은 0.08에서 0.14의 범위를 갖는데 평균적으로 0.10을 갖음을 여러 연구에서 발견할 수 있었다. 또한 가격 탄력성은 대규모 수용가의 사업 종류에 따라 차이가 있음을 발견했는데 제조업의 경우 0.16, 정부 및 교육용은 0.10, 소매업의 경우 0.06, 의료업인 경우 0.04 값이 산출되었다[18].

3. 사내요금제 적용방안

3.1 사내요금제 적용목적 및 배경

사내요금제는 많은 수의 사업장을 갖고 있는 대규모 수용가의 경우 자체 수요관리를 위하여 내부에서 추진하는 요금제로서 업무에 지장을 초래하지 않는 범위 하에서 에너지 절약을 목적으로 한다. 그러므로 통신서비스 회사의 경우 일괄적인 전력사용량 절

감보다는 통신장비 이외의 냉난방 기구, 전등, 전열 기구, 개인용 컴퓨터 등 사무용 전력사용의 절감을 1차적인 목표로 하고 금융서비스 회사의 경우 금융전산장비 이외의 전력사용의 절감을 목표로 한다. 이와 같이 통신장비 및 금융전산장비 같이 서비스 제공에 필수불가결한 전력사용과 기타 사무용 전력사용을 분리하기 위해서는 전력 사용용도의 정확한 구분이 필요하지만 현재 설치된 한국전력계량기 및 스마트 미터기는 전력 사용용도를 정확히 구분하기 어려운 실정이다.

본 연구에서는 이러한 필수 전력사용과 기타 전력사용을 구분하기 위해서 현재 시점에서 가능한 데이터인 한국전력 i-SMART[19]의 일별 전력소비 패턴 자료를 활용한다. 한국전력 i-SMART의 업종별 전력소비 패턴을 분석해보면 그림 1에서처럼 Internet Data Center(IDC)나 전산실의 경우 24시간 전력소비 패턴이 거의 변함이 없기 때문에 경부하 시간대의 전력사용량과 최대부하 시간대의 전력사용량의 차이가 거의 없고 통신실의 경우 근무 시간대에 약간 전력사용량이 증가하는 것을 제외하고는 24시간 많은 차이가 없으며 경부하 시간대의 전력사용량과 최대부하 시간대의 전력사용량과의 차이가 약간 있음을 볼 수 있다. 그러나 상업건물의 경우는 퇴근 시간대에 비해서 근무 시간대의 전력사용량이 상당히 높으므로 경부하 시간대의 전력사용량과 최대부하 시간대의 전력사용량의 차이가 많이 있다는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 IDC나 전산실의 경우 일괄적인 전력사용량을 줄일 수 없으며 통신실의 경우 통신전력을 제외한 사무용 전력사용을 절감할 수 있고 상업건물의 경우 통신장비나 금융전산장비 등 필수 전력사용이 거의 없기 때문에 최대한 사무용 전력사용을 절감할 수 있는 여지가 있다.

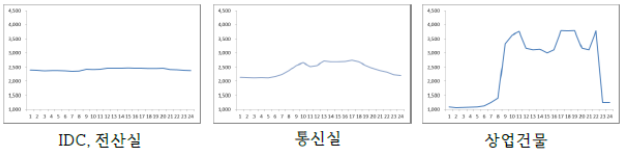


그림 1 업종별 전력소비 패턴
Fig. 1 Energy consumption patterns by business

이는 부하율로 접근할 수 있는데 그림 1에서 하루 동안의 부하율은 IDC와 전산실이 가장 높으며 통신실은 그 다음으로 부하율이 높고 상업건물은 상대적으로 부하율이 가장 낮음을 볼 수 있다. 일반적으로 부하율은 최대전력에 대한 평균전력의 비를 백분율로 나타낸 것으로 부하율은 해당 전기설비가 어느 정도 유효하게 이용되고 있는가의 정도를 나타내기 때문에 저부하율은 설비가 비효율적으로 사용되고 있다는 것을 의미한다[20]. 그러므로 부하율이 낮은 사업장에 대해서는 최대전력수요를 줄이게 함으로써 전기요금을 절감시키는 방법을 사용할 수도 있는데 이는 원래 최대수요를 허용한계 이하로 재분배함을 의미하며 이는 필수 전력을 사용하는 사업장에서는 적용하기 어려운 방법이다[20]. 즉 부하율이 낮은 사업장은 부하율이 높은 사업장에 비해서 필수 전력사용이 더 낮음을 의미하기 때문에 저부하율을 갖는 사업장들은 기타 전력사용 비중이 높으며 고부하율을 갖는 사업장들은 필수 전력사용 비중이 높다는 전제하에 새로운 요금제를 제시하고자 한다.

본 연구에서는 부하율을 계산하기 위해서 하루 동안의 최대전력과 평균전력을 계산하는 대신 부하율과 유사한 개념으로 i-SMART의 일별 전력소비 패턴 자료에서 최대부하값과 최소부하값을 사용하여 POR을 계산한다. 즉 고부하율 사업장은 POR이 낮을 것이고 저부하율 사업장은 POR이 높을 것이다. 예를 들어 그림 1에서 사업장별로 살펴보면 IDC, 전산실은 부하율이 높기 때문에 POR이 낮을 것이고 상업용 건물은 부하율이 낮기 때문에 POR은 높을 것이다. 이는 POR이 낮은 사업장의 경우 고부하율을 갖기 때문에 필수 전력사용 비중이 높고 기타 전력사용 비중이 높고 POR이 높은 사업장의 경우 저부하율을 갖기 때문에 필수 전력사용 비중이 낮고 기타 전력사용 비중이 높다고 가정할 수 있다. 그러므로 대규모 수용가가 자체적으로 시행하는 사내요금제는 필수 전력사용의 절감이 아닌 기타 전력사용을 절감하는 것이 목표가 되어야 하기 때문에 본 연구는 현재 한국전력계량기 및 스마트 미터기 같은 시스템에서 사업장별 필수 및 기타 전력을 정확히 구분하지 못하는 한계를 극복할 수 있는 지표로서 POR을 활용한 피크요금제를 제안하여 그림 1의 IDC, 전산실 및 통신실 유형의 사업장보다 상업건물 유형의 사업장의 전력사용을 절감하는 것을 목적으로 한다. 여러 가지 요금제 중 피크요금제를 제안하는 이유는 선행연구에서 주택용 수용가들을 대상으로 한 실험이기는 하지만 계시별 요금제보다 피크요금제가 최대부하 전력사용량을 더 절감시킨다는 실험결과[10,11,12,13]에 따라 부하관리의 효과를 극대화하기 위해서이다.

3.2 사내요금제 : POR을 활용한 피크요금제

사내요금제는 많은 수의 사업장을 갖고 있는 대규모 수용가를 대상으로 하며 그림 1의 업종별 전력소비 패턴에서 볼 수 있는 것처럼 대부분 일반적인 근무시간대와 비근무시간대로 전력소비 패턴이 구분될 수 있다. 그러므로 현행 한국전력요금은 표 2에서와 같이 경부하, 중간부하, 최대부하 시간대의 3단계이지만 사내요금제는 근무시간대와 비근무시간대로 구분하며 따라서 경부하, 최대부하 시간대만 고려한 2단계 요금제로 제안한다. 경부하 요금은 현행 한국전력요금 중 경부하 요금을 그대로 적용하고 최대부하 요금은 전일의 POR을 기존 한국전력요금제의 최대부하 요금에 반영하여 산출한다. 전일의 POR을 사용하는 이유는 Con Edison 전력회사가 실시했던 의무적 하루 전 실시간 요금제(Mandatory Day-Ahead Hourly Pricing : MHP)[9]가 하루 전 가격신호에 반응하여 자발적으로 고객이 수요의 감소를 달성하는 성과를 보였기 때문이다. 물론 MHP는 실시간 요금제의 일종이지만 본 연구에서는 전일의 POR을 가지고 다음날에 대한 전력소비 패턴을 검토하고 어떤 변화를 계획할 수 있게 하고자 함이다. 이러한 POR을 산출하기 위해서는 한국전력에서 제공하고 있는 i-SMART의 데이터를 사용한다. POR을 활용한 피크요금제를 대규모 수용가용 사내요금제로 적용하기 위해 우리는 3가지 가정을 수립하였고 이 가정 하에서 계산공식은 식 (1)과 같다.

(가정)

(1) POR값이 높을수록 기타 전력사용비중이 높고 POR값이 낮을수록 필수 전력사용비중이 높다.
(2) 수요관리형 사내요금제 적용 시 전일의 POR값을 사용한다 (단 월요일 전기요금은 전주 금요일의 POR값을 사용한다).
(3) 수요관리형 사내요금제는 대규모 수용가의 전력소비 패턴에 따라 근무시간대와 비근무시간대 2단계로 구분하며 주말 및 공휴일은 비근무시간대로 구분한다.

(POR을 활용한 피크요금제)

$$Y_i = \sum_{h \in W}\left(\frac{Q_i^P}{Q_i^O} \times TARIFF_h \times X_{ih}\right) + \sum_{h \in N}\left(1 \times TARIFF_h \times X_{ih}\right) \quad (1)$$

i : 대규모 수용가의 사업장 index
h : 시간, $h = 1,2,3,\cdots,24$
W : 근무시간 집합
N : 비근무시간 집합
Q_i^P : i 사업장의 전일 최대부하 전력소비량
Q_i^O : i 사업장의 전일 최소부하 전력소비량
$\frac{Q_i^P}{Q_i^O}$: i 사업장의 POR
X_{ih} : i 사업장의 h 시의 전력소비량
$TARIFF_h$: h 시의 전기요금, 만일 $h \in W$이면 $TARIFF_h$=최대부하 요금, $h \in N$이면 $TARIFF_h$=경부하 요금
Y_i : i 사업장의 일일 전기요금

예를 들어 특정사업장의 2015년 6월 15일 월요일 전기요금은 전주 금요일인 6월 12일의 POR값을 확인한 후 근무시간 동안에는 시간별 전력소비량과 기존 최대부하 시 요금의 곱에 POR값을 곱하여 계산을 하고 비근무시간 동안에는 시간별 전력소비량과 기존 경부하시 요금만을 곱하여 계산한다.

표 3은 표 2의 현행 한국전력 요금을 기준으로 식 (1)을 적용하여 산출된 POR을 활용한 피크요금을 나타내고 있다. 주말의 경우 가정 (3)을 적용하여 비근무시간과 동일한 기존 경부하시 요금을 적용한다. 제안된 POR을 활용한 피크요금제는 POR값이 높을수록 기타 전력사용비중이 높고 POR값이 낮을수록 필수 전력사용비중이 높다는 가정에 기반하였기 때문에 통신실 및 전산실 유형은 POR값이 낮아서 최대부하 요금이 현행 한국전력 요금과 유사한 반면 상업 건물 유형은 POR값이 높아서 최대부하 요금이 현행 한국전력 요금에 비해 많이 증가하게 된다. 이렇게 피크요금제에 POR을 활용하게 되면 필수 전력사용과 기타 전력사용을 구분할 수 있다는 장점 외에 또 하나의 장점이 있는데 POR값이 높을수록 최대부하 요금이 POR배 만큼 높아지는 결과가 발생하므로 사업장별로 최대부하 사용량을 줄이려는 수요관리 노력을 자연스럽게 하게 될 것으로 기대된다.

표 2 현행 한국전력 일반용(을) 고압A 선택II 요금[21]
Table 2 Current KEPCO tariff(for customers with more than 200 hours and less than 500 hours of use per month using less than 66,000 voltages)

기본요금 (원/kW)	전력량요금(원/kWh)			
	시간대	여름철 (6~8월)	봄가을철 (3~5월, 9~10월)	겨울철 (11~2월)
8,320	경부하	56.1	56.1	63.1
	중간부하	109.0	78.6	109.2
	최대부하	191.1	109.3	166.7

표 3 사내요금 : POR을 활용한 피크요금
Table 3 CPP Tariff using POR

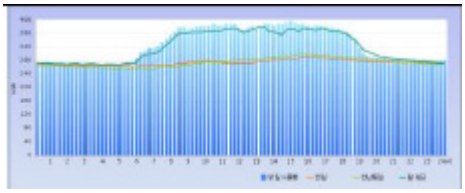
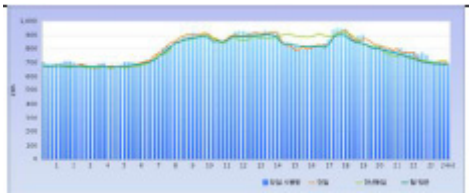
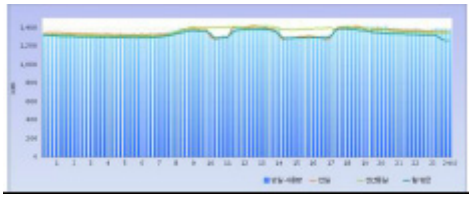
기본요금 (원/kW)	전력량요금(원/kWh)			
	시간대	여름철 (6~8월)	봄가을철 (3~5월, 9~10월)	겨울철 (11~2월)
8,320	비근무시간	56.1	56.1	63.1
	근무시간	191.1×POR	109.3×POR	166.7×POR
	주말 및 공휴일	56.1	56.1	63.1

4. 사내요금제 적용결과

4.1 사업장 유형별 분류

우리가 제안한 POR을 활용한 피크요금제를 A그룹의 사업장에 적용해 보기 위해서 A그룹 사업장들의 전력소비 패턴을 분석하였다. A그룹은 유무선 통신서비스 제공회사로 그림 1에서 볼 수 있는 다양한 전력소비 패턴을 갖는 사업장들이 있었으며 우리는 표 4와 같이 상업건물형, 통신실1형, 통신실2형, 전산실형 이렇게 4가지 유형으로 분류할 수 있음을 발견했다. 통신실1형과 통신실2형은 전체 건물에서 통신장비가 차지하는 면적으로 구분되며 통신실1형은 전체 건물에서 통신장비가 차지하는 면적이 50% 미만인 통신실이고 통신실2형은 전체 건물에서 통신장비가 차지하는 면적이 50%이상인 통신실이다. 이 4가지 유형별로 단위면적당 전력사용량을 분석한 결과 상업건물형은 통신장비 및 전산장비가 없기 때문에 200 kW 미만이며 통신실1형은 200-299 kW, 통신실2형은 300-499 kW, 전산실은 500 kW 이상으로 분류되었다. 또한 POR값을 분석한 결과 상업건물형은 3이상으로 최대부하 요금이 기존 한국전력요금제 대비 가장 많이 증가하며 통신실1형은 POR값이 1.5-3이므로 최대부하 요금이 기존 한국전력요금제 대비 1.5-3배만큼 증가하게 되고 통신실2형 및 전산실형은 POR값을 산출해보면 1.0-1.5이므로 최대부하 요금이 기존 한국전력요금제 대비 약간 증가하거나 유사하게 될 것으로 예상된다.

표 4 A그룹 전력소비 패턴에 따른 사업장별 유형
Table 4 Types of workplaces for Company A

구분	사업장수	전력소비 패턴	단위면적당 전력사용량(kW)	POR
상업건물형	27		200 미만	3이상
통신실1형	255		200~299	1.5~3
통신실2형	189		300 이상	1.3~1.5
전산실형	6		500 이상	1.0~1.2
계	477			

4.2 POR을 활용한 피크요금제 계산결과

A그룹의 6개 사업장을 대상으로 2013년 8월 전력사용에 따라 POR을 활용한 피크요금제를 계산해본 결과 표 5에 요약하였다. 표 5에서 한국전력요금은 전력사용량에 따라 실제 한국전력에 지불한 요금이며 피크요금은 POR을 활용한 피크요금제를 적용했을 때 계산된 요금이다. 6개 사업장에서 6번 전산실형을 제외하고 5개 사업장 모두 기존 한국전력요금 대비 POR을 활용한 피크요금이 증가함을 볼 수 있다. 특히 1번과 2번 사업장은 대표적인 상업건물형이므로 POR을 활용한 피크요금 적용 후 기존 한국전력요금 대비 많이 높아졌기 때문에(95-293% 증가) 관리대상 사업장으로 지정하여 기타 전력사용량의 절감 노력이 필요하다. 6번 사업장은 전산실형으로 POR을 활용한 피크요금 적용 후 오히려 기존 한국전력요금 대비 낮아졌는데(6% 감소) POR값은 1.08이지만 주말 24시간 모두 기존 한국전력요금의 경부하요금을 적용함으로 인해 주말의 요금이 기존 한국전력 요금 대비 낮기 때문에 1개월 동안 요금이 한국전력요금보다 낮아지는 결과를 가져오는 것이다.

많은 수의 사업장을 갖고 있는 대규모 수용가들이 자체적인 에너지 절감대책을 수립하고 적용하고 있는데 이들은 필수 전력을 제외한 기타 전력을 절감하고자 동계와 하계 사무실의 일정 온도 유지, 점심시간 조명 소등 및 개인용 컴퓨터 절전모드 사용 같은 기타 전력 절감 방안을 실시하고 있다[22,23]. A그룹의 경우 단위면적당 전기요금을 산출하여 그 값을 기준으로 전기요금을 절감하고자 하는 노력도 진행했지만 사업장 유형별 전력소비 패턴이 명확히 다르기 때문에 단위면적당 전기요금을 기준으로 절감하는 것은 한계가 존재한다. 예를 들어 기존 한국전력요금을 적용했을 때 단위면적당 요금을 계산해보면 1번 사업장은 1.90이고 4번 사업장은 6.59이기 때문에 단위면적당 전기요금이 높은 4번 사업장의 전력사용량을 절감하려고 할 것이다. 그러나 전력소비 패턴을 살펴보면 4번 사업장은 통신실형이기 때문에 필수 전력사용 이외의 기타 전력사용량을 절감하는 것에 한계가 있다. 그러나 POR을 활용한 피크요금을 적용했을 때 면적당 요금은 1번 사업장은 7.46이고 4번 사업장은 6.85이기 때문에 오히려 단위면적당 전기요금이 1번 사업장이 높아지는 효과가 있다. 그러므로 POR을 활용한 피크요금이 상업건물형 같이 기타 전력사용량을 절감해야 하는 사업장의 요금을 높이는 효과를 가져오기 때문에 이 요금을 사내요금제로 적용할 경우 수요관리를 하는데 적

표 5 POR을 활용한 피크요금 적용 결과(2013년 8월 요금)
Table 5 Electrical charges calculated by CPP Tariff using POR

유형	사업장	면적(m2)	POR	요금(천원) ()안은 면적당 요금		요금 변화
				한국전력요금 (실제요금)	POR을 활용한 피크요금 (산출요금)	
상업건물형	1	22,471	6.60	42,700 (1.90)	167,737 (7.46)	293% 증가
	2	26,737	3.13	90,540 (3.39)	176,463 (6.60)	95% 증가
통신실1형	3	7,932	1.56	28,361 (3.58)	33,396 (4.21)	18% 증가
통신실2형	4	17,566	1.30	115,751 (6.59)	120,256 (6.85)	4% 증가
	5	65,138	1.38	337,350 (5.18)	362,997 (5.57)	8% 증가
전산실형	6	36,302	1.08	537,851 (14.82)	503,023 (13.86)	6% 감소

절할 것으로 보인다. 그러므로 POR을 활용한 피크요금제를 사내요금제로 적용할 때 사업장별 평가지표와 연계할 수 있는데 첫번째는 POR값 자체를 활용하는 방법으로 사업장별 POR을 산출하여 POR값을 사업장별 KPI 중 하나로 포함시키면 높은 POR값을 가진 사업장은 최대부하 전력사용량을 줄이고자 할 것이다. 두번째는 POR을 활용한 피크요금제 기반으로 단위면적당 평균 사용요금을 활용하는 방법으로 사업장유형별로 단위면적당 평균 사용요금 순으로 평가하게 되면 표 5와 같이 상업건물형이 기존 한국전력요금 적용시보다 높은 요금을 가지게 되므로 절감이 가능한 냉난방 기구, 전등, 전열 기구, 개인용 컴퓨터 등의 전력사용을 줄일 수 있게 된다.

5. 결 론

본 연구에서는 일반용 및 산업용 전기요금이 계속 인상되는 상황에서 많은 수의 사업장을 갖고 있는 대규모 수용가가 전기요금 절감 및 자체 수요관리를 위해 적용할 수 있는 사내요금제를 제시하였다. 이러한 대규모의 수용가의 전체 사업장에 대해 일괄적인 절감 목표를 제시하게 되면 사업장별로 전력소비 패턴이 상이하기 때문에 절감 목표 달성으로 인한 통신설비 및 전산설비 장애 같은 왜곡된 결과를 초래할 수 있다. 그러므로 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 사업장별로 전력소비 패턴을 분석하여 최대부하 대비 최소부하의 비율 (POR) 개념을 도입하여 필수 전력사용과 기타 전력사용을 구분하는 지표로 사용하였고 이를 토대로 사내요금제를 제안하였다. 제안된 사내요금제는 POR값이 높을수록 기타 전력사용비중이 높고 POR값이 낮을수록 필수 전력사용비중이 높다고 가정하여 통신실2형 및 전산실형 같이 POR값이 낮은 유형은 사내요금제 적용시 현행 한국전력요금과 유사하지만 상업건물형 및 통신실1형은 POR값이 높기 때문에 사내요금제 적용시 현행 한국전력요금대비 많이 증가하도록 함으로써 기타 전력사용이 많은 상업건물형과 통신실1형에게 절감 목표를 많이 부여하도록 하자는 취지로 설명할 수 있다. 또한 POR을 피크요금에 적용함으로써 최대부하 요금 상승에 직접적인 영향을 주기 때문에 POR값이 높은 사업장은 기타 전력사용량을 줄이고자 하는 노력뿐만 아니라 최대부하 사용량을 줄이려는 수요관리 노력도 함께 할 것으로 기대할 수 있다.

우리는 우선 A그룹의 상업건물형, 통신실1형, 통신실2형, 전산실형 이렇게 4가지 사업장유형에 해당하는 6개 사업장을 대상으로 2013년 8월 한달 동안 전력사용에 따라 제안된 사내요금제를 계산해보았다. 그 결과 6개 사업장의 전력소비 패턴에 따라 POR값이 차이가 있음을 발견했고 기존 한국전력요금대비 제안된 피크요금을 비교하였다. 그 결과 전산실형을 제외하고 5개 사업장 모두 현행 한국전력요금 대비 요금의 증가를 보였다. 특히 POR값이 높은 상업건물형은 90%이상의 증가를 가져왔다. 이에 따라 상업건물형 사업장들은 1차적인 전력사용 절감 타겟이 될 수 있다.

이와 같이 에너지 절감은 정부 차원에서만 고민할 문제가 아니라 수용가별로 업무 및 생활에 지장을 주지 않는 범위 안에서 함께 고민하고 해결해나가야 할 이슈이다. 에너지 절감을 위해서 이러한 사내요금제를 적용하기 위해서는 객관적이고 신뢰성있는 데이터에 기반하여 이루어져야 한다. 필수 전력과 기타 전력을 정확히 구분하기 위해서는 전력사용 용도를 정확히 파악할 수 있어야 하지만 현재 시스템 하에서는 파악이 쉽지 않기 때문에 본 연구에서는 한국전력의 i-SMART 데이터를 활용하여 POR을 활용한 피크요금제를 제안하였다. 본 연구는 대규모 수용가의 사업장별 요금제를 제안하였지만 향후 수용가별 사업장별, 부서별 요금제의 상세 분배 적용을 위해서는 전력사용용도 비율의 정확한 추정이 필요하다고 하겠다.

References

[1] US Department of Energy, “Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving them,” http://energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_Benefits_of_Demand_Response_in_Electricity_Markets_and_Recommendations_for_Achieving_Them_Report_to_Congress.pdf, 2006.

[2] M. H. Albadi, and E. F. El-Saadany, “A Summary of Demand Response in Electricity Markets,” Electric Power Systems Research, Vol. 78, Issue 11, pp. 1989-1996, 2008.

[3] M. H. Albadi, and E. F. El-Saadany, “Demand Response in Electricity Markets: an overview,” IEEE Power Engineering

Society General Meeting, Montreal, pp. 1-5, 24-28 June 2007.
[4] Ministry of Knowledge Economy, "Effective Operation on Improved Way for Demand Side Management Program," Technical report, January 2009.
[5] Korea Electric Power Corporation, "KEPCO in Brief," General report, 2014.
[6] Yonhapnews, "Government to raise power rate by 5.4%... 2.7% for household use, 6.4% for industrial use," http://www.yonhapnews.co.kr/economy/2013/11/19/0302000000AKR20131119107551003.HTML, 19 November 2013.
[7] G. L. Barbose, C. A. Goldman, R. Bharvirkar, N. C. Hopper, M. K. Ting, and B. Neenan, "Real Time Pricing as a Default of Optional Service for Commercial and Industrial Customers: A Comparative Analysis of Eight Case Studies," Public Interest Energy Research, 2006.
[8] Ministry of Knowledge Economy, "A Study on the Application Plan for Korea through the Case Study of Optional Tariff System by Demand Management in the Foreign Countries," Technical report, November 2009.
[9] RLW Analytics, Inc., "Consolidated Edison Company of New York, Inc. Mandatory Hourly Pricing Program Process Evaluation," Technical report, 2007.
[10] A. Faruqui, and S. Sergici, "Household Response to Dynamic Pricing of Electricity: A Survey of 15 Experiments," Journal of Regulatory Economics, Vol. 38, Issue 2, pp. 193-225, 2010.
[11] A. Faruqui, R. Hledik, and J. Tsoukalis, "The Power of Dynamic Pricing," The Electricity Journal, Vol. 22, Issue 3, pp. 42-56, 2009.
[12] G. R. Newsham, and B. G. Bowker, "The Effect of Utility Time-varying Pricing and Load Control Strategies on Residential Summer Peak Electricity Use : A Review," Energy Policy, Vol. 38, Issue 7, pp. 3289-3296, 2010.
[13] J. Stromback, C. Dromacque, and M. H. Yassin, "The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison," VaasaETT, 2011.
[14] Charles River Associates, "Primer on Demand-Side Management with an Emphasis on Price-Response Programs," February 2005.
[15] G. Abrate, "Time-of-Use Pricing and Electricity Demand Response: Evidence from a Sample of Italian Industrial Customers," International Journal of Applied Management Science, Vol. 1, Issue 1, pp. 21-40, 2008.
[16] R. Boisvert, P. Cappers, B. Neenan, and B. Scott, "Industrial and Commercial Customer Response to Real Time Electricity Prices," Neenan Associates, 10 December 2004.
[17] P. M. Schwarz, T. N. Taylor, M. Birmingham, and S. L. Dardan, "Industrial response to electricity real time prices: short run and long run," Economic Inquiry. Vol. 40, Issue 4, pp. 597-610, 2002.
[18] C. A. Goldman, N. C. Hopper, R. Bharvirkar, B. Neenan, R. Boisvert, P. Cappers, D. Pratt, and K. Butkins, "Customer Strategies for Responding to Day-Ahead Market Hourly Electricity Pricing," Demand Response Research Center, August 2005.
[19] Korea Electric Power Corporation, i-SMART, http://pccs.kepco.co.kr/
[20] Energy Sentry, Load Factor Calculations, http://energysentry.com/newsletters/load-factor-calculations.php
[21] Korea Electric Power Corporation, RatesTable, http://cyber.kepco.co.kr/ckepco/front/jsp/CY/E/E/CYEEHP00101.jsp
[22] Edaily, KT, Reduction of 200000kW Electricity Consumption. http://www.edaily.co.kr/news/NewsRead.edy?SCD=JE31&newsid=01584246602909288&DCD=A00503&OutLnkChk=Y, 20 August 2013.
[23] JoongAng Ilbo, KT, Reduction of 200000kW Electricity Consumption using Smart Demand Response… Electricity Volume of One City. http://article.joins.com/news/article/article.asp?total_id=12385879, 20 August 2013.

저 자 소 개

김 민 정 (Min-Jeong Kim)

1991년 연세대학교 응용통계학과 졸업. 1993년 서울대학교 산업공학과 석사. 2012년 서울대학교 산업공학과 박사. 1993~2015년 kt 경제경영연구소 부장. 현재 숙명여자대학교 소비자경제학과 조교수