

# 고효율기기의 보급확산을 고려한 전력수요관리 모니터링시스템의 방법론 개발

論 文

48A-8-4

## Development of DSM(Demand Side Management) Monitoring Methodology Considering the Diffusion Process of High Efficient End-Use Appliances

黃 盛 郁\* · 金 發 鎬\*\* · 金 正 勳\*\*\* · 張 勝 燦<sup>§</sup> · 金昌燮<sup>§</sup>

(Sung-Wook Hwang · Balho Kim · Jung-Hoon Kim · Seungchan Chang · Chang-Seob Kim)

**Abstract** - This paper presents a DSM monitoring methodology that is able to evaluate the impact of DSM programs especially focused on the strategic conservation i.e. the enhancement of end-use energy efficiency. For an effective assessment of DSM programs, it is foremost necessary to examine the market characteristics on the specific end-use appliance according to the customer's adoption of DSM programs. The proposed monitoring methodology contains a diffusion process of high efficient end-uses considering major factors of DSM impact such as, price, reference capacity, forecasted capacity and lifetime of end-use appliances. Case studies show the projection of power reductions and energy savings resulted from DSM monitoring in order to diagnose the current status properly and provide a baseline of DSM policy and analysis.

**Key Words** : 전력수요관리(DSM), DSM 모니터링 시스템, 고효율기기, 확산모형, 절약잠재량

### 1. 서 론

최근 에너지소비의 급증과 에너지공급원인 화석연료의 97% 이상을 외국에 의존하는 국내의 실정으로 볼 때 제한된 자원의 합리적 이용을 목적으로 국가적 관점에서 전력수요관리(Demand Side Management ; 이후 DSM)에 대한 관심이 고조되고 있다. 전기에너지 이용의 증가에 대한 자구책으로 전력공급설비의 확충에 중점을 두어 발전설비의 증설에 주력해왔으나, 최근의 지역적 이기주의, 건설투자 재원 확보의 어려움, 각종 규제가 강화되고 있는 환경문제 등의 해결책과 더불어 계획된 에너지 소비절약이 국가의 이익과 직결된다는 점에서 DSM의 필요성이 크게 부각되고 있다.

DSM란 전기에너지의 효율적 이용을 목적으로 부하곡선을 바람직한 방향으로 개선하기 위해서 수용가의 전력소비양식을 바꾸려는 일련의 계획된 활동을 의미하며, 이는 전력이용설비의 효율향상을 통한 소비절약(End-Use Efficiency)과 전력회사의 시스템 운용에 따른 부하관리(Load

Management)로 크게 구분이 가능하다. 전자의 관점에서 볼 때, DSM의 영향평가 방법으로는 프로그램 시행이전의 심사(Screening) 기법과 시행중 또는 시행이후의 모니터링(Monitoring) 기법으로 구분할 수 있으며, 목적에 따라 분류하면 프로그램 시행방법의 적합성을 평가하는 과정평가, 프로그램이 계획단계에서 기대했던 효과를 실제적으로 거두었는지를 계량적으로 검증하는 영향평가 그리고 시장 전체에서의 에너지 사용기기의 효용성을 평가하는 시장평가 등의 여러 가지 방법론이 존재한다.

부하의 특수성 즉, 전기에너지의 생산과 동시에 소비가 이루어지는 특성을 고려할 때 프로그램에 의해 영향받는 기기의 부하패턴, 기기의 효율 및 수명, 보급특성 등의 각종 자료수집 체계(Data Acquisition System)에 대한 확립은 향후의 각종 영향평가에 있어서도 가장 근본적인 가공자료를 제공할 수 있는 필수 불가결한 부분이라 할 수 있으며, 따라서 적절하고 합리적인 영향평가를 위해서는 먼저 수용가에 대한 실시간 정보수집 제공체계(Real-Time Data Information System)의 확립이 요구된다. 이와 더불어 이미 확보된 자료에 장기 전력수급계획(Long-Run Generation Planning), 수요관리 기술개발 추이, 시장 환경, 보급 정책 등으로부터 고효율기기의 시장침투 효과를 예측할 수 있는 모니터링 시스템을 개발하여 가장 합리적이고 신뢰성 있는 영향평가가 가능하도록 하는 것이 필요하다고 할 수 있다.

\* 準 會 員 : 弘 益 大 電 氣 制 御 工 學 科 碩 士 課 程

\*\* 正 會 員 : 弘 益 大 電 氣 制 御 工 學 科 專 任 講 師 · 工 博

\*\*\* 正 會 員 : 弘 益 大 電 氣 制 御 工 學 科 正 教 授 · 工 博

<sup>§</sup> 正 會 員 : 에너지관리공團 R&D本部

接受日字 : 1999年 2月 25日

最終完了 : 1999年 6月 23日

기존 외국문헌에서 제안되어진 모니터링 시스템[1]은 프로그램 사후평가(Post-Evaluation)적 의미로써 평가를 수행하기 위한 자료들을 제공하기 위한 부수적인 시스템 즉, DLC(Direct Load Control), SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition), EMS(Energy Management System) 등의 세부적 운용방법으로 기술하고 있으며, 이를 위해서는 동일시간대의 모든 DSM 대상기기에 대한 직접적인 미터링을 이용한 방법이 가장 이상적이라 할 수 있지만 이는 비용과 기술적인 측면에서 현실적인 한계가 있는 것이 사실이다. 기존 모니터링 시스템에 대한 연구는 EARM(Electric Appliance Research Monitoring)과 같이 몇 가지 표본의 계측을 통해 전체적인 효과를 추정하거나, LCES(Load Control Emulator System)과 같이 제어기능을 첨부하는 방법 등의 통신기술과의 접목을 이용한 계측위주의 방법론과 비록 직접적인 계측은 아니지만 NILMS(Non-Intrusive Load Monitoring System)과 같이 계측된 부하형태에 따라 효과를 추정하는 기법에 대한 연구 등이 수행되어 왔다. 하지만, 이 방법은 프로그램 시행이후의 단일 시점에서의 계측을 위한 것으로, 프로그램 시행 중간단계 및 시행 이후에 대한 지속적인 영향에 대한 예측이 어려운 문제점을 가지고 있다.

국내의 경우, DSM 영향평가를 위한 구체적인 자료 또는 정보의 미비와 확보된 자료에 대한 종합적인 분석 모형의 부재로 인하여 그 성과계량적 측면에서 많은 문제점이 도출되고 있어, 그 객관성에 의문이 제기되고 있는 실정이다. 또한, 국내에 알려진 기존 모니터링 시스템은 선진국에서 개발된 것이 대부분이기 때문에 국내 전력분야 실정에 대해 그 특성이 제대로 반영되고 있다고 볼 수 없다. 특히, 현실 여건상 프로그램에 의한 전체 부하의 직접적 계량은 불가능하고, 계량이 가능하다 할지라도 프로그램과 직접적인 상관성이 없는 부하에 대해 시간, 기후 등에 기인하는 프로그램 외적인 측면에서의 부하변동분을 추정하여 그 결과를 보정해야만 하는 어려운 문제점이 존재하여, 결국 개별 프로그램의 순효과를 추정하기 위해 자료의 다각적인 수집과 분석을 새로이 요구하게 되는 난이함이 존재한다 할 수 있다[2].

본 논문에서는 국내에서 아직 정확한 개념적 정의가 모호하고, 그 필요성에 대한 인식이 부족한 DSM 모니터링에 대해 확실한 개념을 정립하며, 전력이용설비의 효율개선에 대한 기술개발 프로그램을 중심으로 기기의 최대효율, 가격, 수명, 보급량 등 프로그램의 영향평가에 중요한 변수로 고려되는 기초 자료를 DSM 영향평가를 위한 형태로 가공, 종합, 분석하고, 장기 전력수급 및 시장환경 자료와 보급정책 등을 포괄하여 DSM 프로그램의 영향을 지속적으로 평가할 수 있는 모니터링 시스템의 방법론을 개발하고자 한다. 현재까지의 에너지절약 잠재량 평가를 위한 모델들이 각종 기기의 실태조사를 통한 단순한 추정방식[3][4]으로, 예를 들면 조사원 또는 우편을 통한 설문조사의 결과를 추정식에 대입하여 보급량을 산출하는 방식이 있다. 이것은 설문 응답의 성실도와 응답자의 취향에 따라 그 답이 달라지는 문제점이 있는데 비하여, 본 논문에서 개발하고자 하는 모니터링 시스

템은 단순하고 효율적이며, 고효율기기의 보급추이, 기기의 가격 및 가격탄력성 그리고 수명에 따른 보급시장 특성 등을 반영하였다. 또한, 개별기기에 대한 금융지원, 리베이트 제도 및 기술적 향상 등을 포함하는 DSM 정책을 종합적으로 고려할 수 있는 모형을 개발함으로써 향후 절약잠재량의 평가와 DSM 관련 정책수립을 위한 기본적이고 종합적인 방법론을 제시하고자 한다.

## 2. DSM 모니터링 시스템 구조의 설계

### 2.1 DSM 모니터링의 개요

DSM의 평가는 크게 프로그램 시행 이전의 계획단계에서 그 타당성을 검토하여 프로그램의 시행여부를 판단하고, 적합하지 않은 시행방법으로 판단될 경우 다른 시행방법을 찾기 위하여 시행되는 사전평가와 프로그램 수행 이후의 프로그램에 대한 영향을 평가하기 위한 사후평가로 구분할 수 있다. 프로그램의 전·후에 관찰되는 에너지 소비의 변동 즉, 전력 수요 및 전력량의 변동은 DSM을 통한 순효과를 추정해내는 데 있어 가장 중요한 요소이며, 이 값들은 적당한 표본집단에 대한 통계적 방법으로서의 계량으로 구할 수 있다. 이러한 전·후 계량값의 차이는 프로그램에 의한 영향 이외에도 많은 요소들이 복합적으로 작용한 결과이므로 이를 그대로 DSM의 순효과로 보기는 어렵다[2]. 따라서, DSM 모니터링 시스템은 프로그램이 진행되고 있는 동안에 현황을 진단하고 시행 후의 결과를 추정할 수 있는 기법으로 확장되어야 하며, 프로그램 시행 전·후의 에너지 소비의 변동치를 추정하는 이론적 성과계량과 실제적 계량을 포함하는 개념이라 할 수 있다. 즉, DSM 모니터링은 실제의 계측이나 실태조사를 통하여 획득된 각종 자료들을 분석·종합하여 프로그램에 대한 수행의 적합성을 평가하고, 잠재량 추정 및 영향 평가 등을 통하여 진단하는 총체적인 행동들을 의미한다.

본 논문에서 제안하는 DSM 모니터링은 전력이용설비의 효율개선에 대한 기술개발 프로그램을 중심으로 전개하고자 하며, 가격, 가격의 탄력성, 수명 등의 기기 보급에 영향을 주는 인자에 의한 보급률 변화 즉, 시장의 변화가 전체적인 DSM 프로그램의 절약잠재량 추정에 있어서 가장 중요한 요인으로 분석된다. 또한, 프로그램에 대한 보급정책 시나리오에 따라 절약잠재량이 영향을 받게 되며, 시장에서의 고효율기구나 그 기술에 대한 보급정도를 알아낼 수 있는 체계를 갖추어야 하므로, 모니터링 시스템은 보급정책과 시장특성 그리고 전력시스템의 운영 및 계획을 포괄하여 프로그램의 영향을 종합적으로 고려할 수 있는 체계구축이 수반되어야 한다. 그림 2.1에서와 같이 효율적인 DSM 모니터링을 위해 정보수집 제공체계시스템 구축, 고효율기기의 확산모형 그리고 DSM 운용 및 계획에의 반영과정을 되풀이하는 체계로서 구상할 수 있으나, 본 논문에서는 고효율기기의 보급 확산 모형 구축을 중심으로 모니터링 시스템을 설계하고자 한다.

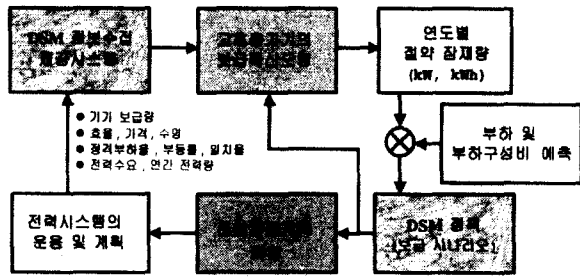


그림 2.1 DSM를 위한 모니터링시스템의 설계  
Fig. 2.1 Basic design of DSM monitoring system

모니터링에 필요한 정보수집 제공시스템 구축을 위해서는 DLC, SCADA 또는 EMS 등과 같이 실시간으로 자료 획득 및 분석이 수행되어지는 것이 이상적이라 할 수 있으나, 이를 위해서는 현실적으로 많은 기술적 투자가 확보되어야 하며, 머지 않은 장래에 이루어지면 신뢰성 있는 자료가 제공 될 것으로 전망되어진다. 본 논문에서는 고효율기기의 보급에 따라 현실적인 조사가 힘든 부하구성비 추정을 통해 절약잠재량 평가를 하는 체계로 모니터링 시스템을 구성함에 따라 기존 실태조사 또는 문헌[3-6]을 바탕으로 기기의 보급량, 효율, 가격, 이용시간, 수명 등의 자료를 수집하고, 정격 부하율(Regulating Load Factor), 부등률(Demand Factor), 일치율(Coincidency Factor) 등의 자료를 가공함으로써 정보수집 제공시스템을 대체하였다.

이와 같이 구축된 입력자료를 활용하여 제안되어진 고효율기기의 보급확산 모형을 통하면 개별기기의 보급률 즉, 시장침투율(Market Penetration)이 계산되어지며, 개별 기기의 보급률을 감안한 전력 및 전력량과 기존의 전력수요 예측에 대한 부하구성비 추정을 통해 얻어진 전력량과의 비교를 통해 절약잠재량 평가가 이루어지게 된다. 또한, 이 평가결과를 바탕으로 보급정책 시나리오를 구성하면 DSM 대상기기별 최대효과를 얻기에 필요한 정책대안을 수립할 수 있으며, 더 나아가 전력시스템의 운용, 계획에도 활용하여 국가적 관점에서의 DSM 성과활용 제고를 극대화할 수 있는 체계가 DSM 모니터링을 위한 올바른 절차라 할 수 있다.

2.2 고효율기기의 보급확산모형

DSM 모니터링 시스템에서는 고효율기기의 시장특성을 고려한 종합적인 프로그램의 잠재량 추정 또는 평가를 목표로 하며, 이를 위해서는 DSM 대상기기별로 그 시장보급 특성이 다르므로 각각의 보급률을 추정하여야 한다. 본 연구에서는 이 보급률 추정을 위해 신제품의 보급 추이를 예측하는 모형인 Bass의 확산모형[7]을 응용하여 접근하였다.

확산모형이란 주어진 잠재고객들 사이에 새로이 등장되는 제품이 시간에 따라 어떻게 확산되어 가는가를 설명하는 것인데, 그림 2.2와 같이 신제품의 채택유형을 외적인 영향에

의한 혁신자 집단(Innovator) 즉, 매스미디어 등을 통해 제품에 대한 정보를 획득한 후 과감히 신제품의 사용을 시도하는 집단과 고객사이의 내부영향에 의한 모방자 집단(Imitator) 즉, 혁신자 집단이 제품을 사용한 결과를 보고 모방하여 신제품 사용을 시도하는 집단으로 구분이 가능하다. 그림 2.2의 (a)와 (b)는 각각 시간의 변화에 따른 신제품의 채택수와 누적채택수를 나타내고 있다.

시간 t에서 제품의 신규채택에 대한 조건부 확률인 hazard function은 식(1)과 같이 확률밀도함수 f(t)와 누적분포함수 F(t)로서 표현이 가능하며, 잠재시장규모를 m이라 할 때 시간 t에서의 채택수 즉, 보급대수 n(t)와 누적 보급대수 N(t)는 식(2)와 같이 나타낼 수 있고, 식(1)과 (2)를 정리하여 시간 t에서의 보급대수 n(t)가 식(3)과 같이 표현된다.

$$\frac{f(t)}{1-F(t)} = p + qF(t) \tag{1}$$

$$mf(t) = n(t), \quad mF(t) = N(t) \tag{2}$$

$$n(t) = \frac{dN(t)}{dt} = p[m - N(t)] + \frac{q}{m}N(t)[m - N(t)] \tag{3}$$

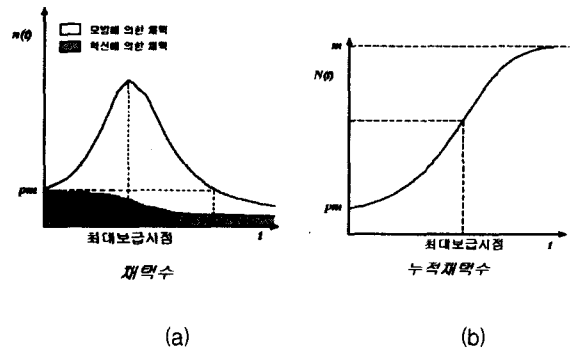


그림 2.2 신제품의 보급확산 과정에 대한 기본 개념  
Fig. 2.2 Analytical structure of new product diffusion process

식(3)에서의 첫째 항은 외부영향에 의한 제품수요를 나타내며 p를 혁신계수(Coefficient of Innovation)라 하고, 둘째 항은 내부영향에 의한 제품수요를 나타내는데 q를 모방계수(Coefficient of Imitation)이라 한다. (3)식은 누적수요 N(t)에 대한 1계미분방정식이므로 이를 N(t)에 관해 정리하면 다음과 같은 결과식이 얻어지며 N(t)는 그림 2.2(b)와 같은 S자형의 곡선형태를 갖게 된다. 수용가에서 최대의 채택이 발생한 시간 T\*는 식(6)과 같이 구해진다.

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \tag{4}$$

$$n(t) = m \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} \tag{5}$$

$$T^* = -\frac{1}{p+q} \ln\left(\frac{p}{q}\right) \quad (6)$$

위와 같은 확산모형을 사용하기 위해서는  $m, p, q$  등을 추정하여야 하는데 추정방법에는 기존의 시계열 자료를 통한 예측, 시장조사 등을 토대로 이루어지고 자료축적의 정밀도 여부에 따라 추정하는 다양한 기법이 존재하며, 일반적으로 혁신계수와 모방계수를 0.03, 0.38로 각각 추천하고 있다 [7]. 이와 같은 내용을 종합하면, 일정기간  $[s, s+1]$ 에서의 수요 즉, 신제품에 대한 누적채택함수는 식(7)과 같이 표현할 수 있다.

$$N(s) = m \int_s^{s+1} \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} dt \quad (7)$$

여기에서,  $m$ 은 전체 판매량을 예측한 잠재시장의 규모,  $p$ 는 매스미디어 등을 통해 신제품을 구입할 혁신계수,  $q$ 는 그 제품 구입사용자에 의해 영향을 받아 신제품을 구입할 모방계수를 뜻하고, 적분항의 내용은 대상기간에 있어서 신제품의 채택확률이라 말할 수 있다.

### 3. 고효율기기의 보급률 추정을 위한 확산모형

고효율기기 보급률을 추정하는 데에 있어서는 채택방법에 따라 크게 세 가지로 구분할 수 있는데 첫째, 고효율기기가 새로 채택하여지는 신규 보급용량(New Adoption: NA) 둘째, 기존기기의 수명이 다 되어 고효율기기로 교체를 위해 채택되어지는 교체용량(Replacement Adoption: RA) 마지막으로, 기존기기의 수명이 다 되지 않았음에도 불구하고 고효율기기로 개체하기 위해 채택되어지는 개체용량(Retrofit Adoption: TA)로서 표현할 수 있다. 이러한 고효율기기의 보급확산과정에 관한 개념을 그림 3.1에 나타내었다. (a)는 수명 1을 갖는 고효율기기의 보급확산과정을 보여주고 있는데  $s$  계절이 되기 전에 수명이 다된 기존기기 또는 고효율기기가  $s-1$  시점에서 고효율기기로 교체된다. 그 때의 교체용량이 RA이다. (b)에서 기존기기를 고효율기기로 교체하지 않고 그대로 사용하였을 경우에 자연증가를 NI을 갖고  $s+1$  계절에  $(1+NI)RC_s$ 로 보급용량이 증가됨을 보여주고 있으며 고효율기기가 보급되었을 경우에는  $RC_{s+1}$ 로 증가함을 알 수 있다.

먼저 고효율기기에 대한  $s$  계절에서의 신규 보급용량  $NA_s$ 의 산출모형은 다음과 같이 구성할 수 있다.

$$NA_s = (FC - RC_s) \int_s^{s+1} \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} dt \quad (8)$$

여기서,

FC : 최종 연도에서의 대상기기에 대한 수요예측치

$RC_s$  :  $s$  계절에 대상기기중 고효율기기로 채택 가능한 기존기기 용량

식(8)의  $FC - RC_s$  항은  $s$  계절에 고효율기기가 신규 보급될 수 있는 총 잠재시장을 의미하여 고효율기기에 대한 신규 채택은 확산모형을 통해 이루어지고, 기존 시점  $s=0$  이전의 고효율기기의 보급은 없는 상태로 가정하여 고효율기기가 보급되기 시작하는 시점에서부터의 보급률을 추정하게 된다.

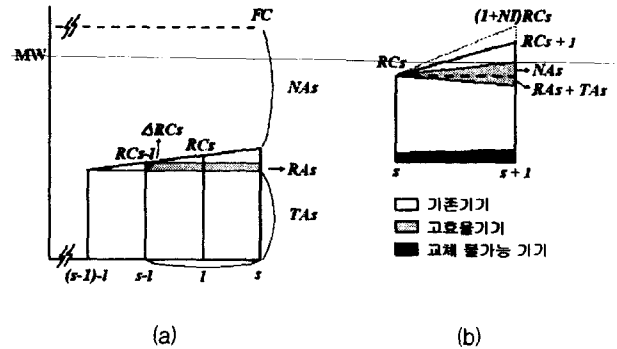


그림 3.1 고효율기기의 보급확산과정  
Fig. 3.1 Diffusion of high-efficient end-uses

둘째로, 기기의 수명을 1 기간으로 가정할 때 기존기기의 수명이 다 되어 고효율기기로 교체를 위해 채택되어지는 교체용량  $RA_s$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$RA_s = \left( \Delta RC_s + \frac{\Delta AC_s}{\eta} \right) \int_s^{s+1} \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} dt \quad (9)$$

여기서,

$$\Delta RC_s = RC_{s-1} - RC_{(s-1)-1}$$

$$\Delta AC_s = AC_{s-1} - AC_{(s-1)-1}$$

$AC_s$  :  $s$  계절 기기중 이미 고효율기기로 채택된 기존기기 용량

$\eta$  : 기존기기에서 고효율기기로의 효율향상률

식(9)에서의  $\Delta RC_s$ 는 기존기기의 수명을 고려한  $s$  계절에서의 교체가 가능 용량을 의미하며,  $\Delta AC_s$ 는  $s$  계절에서 이미 고효율로 채택된 기기의 용량을 의미한다. 따라서,  $\Delta RC_s + \frac{\Delta AC_s}{\eta}$  항은  $s$  계절에서 수명이 다된 기존기기의 총량을 나타낸다. 보다 엄밀히 표현하면 수명기간인 1 계절 전에 기존기기로 증가한 부분과 같다고 할 수 있으며, 기존기기의 변동분 중 고효율기기로 변동된 부분을 제외한  $s$  계절에서의 기존기기 순변동량을 나타낸다. 뒤의 항은 확산모형중  $s$  계절중의 보급 확률밀도함수를 나타내는 부분으로 총 대상용량 중  $s$  계절에서의 교체될 확률을 의미한다.

마지막으로, 기존기기의 수명이 다 되지 않았음에도 불구하고

하고 고효율기기로 교체하기 위해 채택되어지는 교체용량  $TA_s$ 는 다음과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$TA_s = \sum_{i=1}^{(s-1)} \left( \Delta RC_{s-i} + \frac{\Delta AC_{s-i}}{\eta} \right) \times \int_s^{s+1} \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} dt \quad (10)$$

식(10)에서도 수명기간은 1 계절인 경우를 고려하였으며, 앞의 항은 s 계절에서 수명이 다하지 않은 기존기기의 총용량을 의미하며, 뒤의 항은 역시 확률밀도함수를 도입한 s 계절에서의 채택 확률을 의미한다.

식(8)~(10)을 이용하여 대상기간에서의 이 세 가지 결과를 합산하면 s 계절에서의 고효율기기 k에 대한 보급용량을 산출할 수 있다.

$$DC_s = NA_s + RA_s + TA_s \quad (11)$$

한편, 보급용량 추정모델에 있어서 고효율기기의 보급을 신규보급, 교체, 개체를 포괄하여 하나의 함수로 표현할 수도 있으며, 대상기간의 고효율기기보급은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$DC_s \approx AC_{s+1} - AC_s = FC \int_s^{s+1} \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} dt \quad (12)$$

또한, 식(11)에서의 복잡한 계산을 피하기 위해 그 보급함수를 보다 간략화하여 단순한 산술식으로 표현할 수도 있다.

$$DC_s \approx AC_{s+1} - AC_s = \frac{AC_0 - \ln\left(\frac{FC}{AC_s} - 1\right)}{s} \quad (13)$$

#### 4. DSM 모니터링을 위한 수리모형

모니터링 시스템은 어떤 대상기구나 기술에 대한 DSM 시행 전·후의 사용전력의 변동치를 추정하는 모형으로써 이상적인 것은 프로그램 시행 이전부터 시작하여 효과가 모두 나타나 보급이 포화되었을 때까지 대상기기의 시간대별 부하구성비율을 구할 수 있으면 가장 완벽하다고 할 수 있다. 즉, 이는 DSM 시행이 이루어지지 않았을 경우와의 차이로 표현하여야 하는데 어떠한 시간대에서도 효과를 계량할 수 있다는 것을 뜻한다. 그러나, 이러한 경우는 현실적인 관점에서 매우 어렵기 때문에, 본 논문에서 제안하는 DSM 모니터링 시스템은 최대부하시의 DSM 대상기기에 대한 부하를 추정하는 것으로 국한한다. 이 시스템에서는 DSM 시작시점에서의 대상기기별 부하구성비는 이미 알고

있고 이 기기의 부하구성비를 향후 고려 대상기간까지 예측할 수 있다는 가정에서 시작하며, 모니터링 기법으로는 크게 침투부하 축소를 목적으로 하는 전력(kW) 모니터링과 에너지 절약 잠재량의 최대화를 목적으로 하는 전력량(kWh) 모니터링으로 구분할 수 있다.

#### 4.1 전력 모니터링 기법

계절적 요인에 의해 부하구성비 자체에 큰 변동이 없는 기기를 고효율기기로 채택하는 경우를 고려할 수 있는데, 대상기기를 고효율기기로 채택하는 DSM 프로그램의 경우 고려대상인 s (s = 1, 2, ..., n) 계절에서의 침투부하시 대상기기의 부하  $P_s$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_s = P_{RC,s} + P_{AC,s} + P_{IM,s} \quad (14)$$

여기서,

$P_{RC,s}$ : 대상기기중 고효율기기로 채택 가능한 부하에서의 전력

$P_{AC,s}$ : 대상기기중 고효율기기로 이미 채택된 부하에서의 전력

$P_{IM,s}$ : 대상기기중 고효율기기로 채택 불가능한 부하에서의 전력

식(14)에서  $P_{RC,s}$ 와  $P_{AC,s}$ 는 고효율기기의 보급에 의해서 영향을 받는 부분 즉, 기기효율, 보급률, 기기 가격, 수명, 정책, 기후 등에 의해 변화가능하며  $P_{IM,s}$ 는 고효율기기 보급에 영향을 받지 않는 부하로써 상수로 취급 가능하다. 침투부하시의 대상기기의 부하를 추정하기 위한  $P_{RC,s}$ 와  $P_{AC,s}$ 에 대하여 알아보기로 하자. 대상기기중 고효율기기로 채택 가능한 부하에서의 전력인  $P_{RC,s}$ 는 다음과 같은 수식으로 추정 가능하다.

$$P_{RC,s} = RC_s \cdot RLF \cdot CF \cdot DF \quad (15)$$

식(15)에서  $RLF$ 는 대상기기의 정격 부하율로써  $RC_s$ 가 용량이므로 이 용량의 어느 정도나 운전되어 실제의 부하가 되는가에 대한 비율을 나타내는 요소이며, 모든 기기가 동일용량을 가지는 것은 아니므로 용량단위당 운전율을 나타낸다.  $CF$ 는 일치율이며 전력시스템 최대수요 발생시간과 DSM 대상기기 부하의 최대치가 나타나는 시간이 같지 않기 때문에 도입되는 계수이고,  $DF$ 는 부동률로 DSM 대상기기 전체의 최대부하가 전력시스템 전체부하와 동시에 나타나지 않기 때문에 이를 반영하여 전력시스템의 침투부하시에 개별기기의 부하가 미치는 영향을 고려하는 부분이다.

또한, 위의 모델에서 용량  $RC_s$ 의 경우 고효율기기의 보급 상태에 따라 달라지게 되는데 대상기기의 부하성장에 따

라 고려하려는 매 기간에서 그 수치가 변하는 부분이 되며 그 보급량을 산출하는 모형은 다음과 같다. 여기에서  $DC_s$  과  $NI$ 는 모두 용량단위별로 고려되며, 기존기기의 기존기기로의 변화 없는 개체는 용량 변동분이 아니므로 반영하지 않을 수 있다.

$$RC_{s+1} = RC_s - DC_s + NI \cdot RC_s \quad (16)$$

여기서,

$NI$  : s 계절에 고효율기기로 채택되지 않은 대상기기의 자연증가율

한편, 대상기기중 고효율기기로 이미 채택된 부하에서의 전력  $P_{AC,s}$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{AC,s} = \eta \cdot AC_s \cdot RLF \cdot CF \cdot DF \quad (17)$$

여기서,

$\eta$  : 고효율기기에 사용에 따른 효율향상률

식(17)에서  $\eta \cdot AC_s$ 는 고효율기기의 용량을 의미하며, 나머지 항인  $RLF \cdot CF \cdot DF$ 는  $P_{RC,s}$ 에서의 경우와 동일하며, 기존기와 대부분 같은 값을 갖는다. 또한,  $AC_s$ 항도 매 고려기간마다 그 수치가 달라지는 값이며, 주로 계절에 의해 영향을 받게 된다. 식(18)에서  $\eta$  다음 부분은 앞에서 언급한  $RC_s$  항에서와 같이 기존기기가 고효율기기로 교체되는 용량에 효율향상률  $\eta$ 를 곱하여 구한 s 계절에서의 고효율기기 용량증가분을 의미한다.

$$AC_{s+1} = AC_s + \eta \cdot DC_s \quad (18)$$

한편, 계절적 요인에 의해 부하구성비에 큰 변동이 있는 기기의 경우에는 계절이 아닌 연간 부하를 대상으로 하면 이상과 같은 기법을 그대로 적용할 수 있다.

#### 4.2 전력량 모니터링 기법

전력량 모니터링에서는 연간 전체전력 사용량에서 개별기에 의한 연간 전력사용량을 추정하는 모형이다. 전력량 모니터링에서도 각 고효율기기보급에 따른 부하의 변화를 고려하므로, DSM 시작시점에서의 각 기기별 사용에너지는 이미 알고 있다는 가정에서 출발한다. 이는 현재 기기별 부하구성비를 예측하는 알고리즘이 개발되어 있고, 정보수집 제공시스템 또는 실태조사 등을 통하여 각 부하에 대한 기초자료 즉, 기기별 연간 전력사용량, 이용시간 등이 제공되어 진다고 가정하면 전력모니터링과 유사한 방법으로 분석이 가능하다.

대상기기를 고효율기기로 교체하는 DSM 프로그램의 경우 고려대상인  $y(y = 1, 2, \dots, n)$  연도에서의 전체 에너지

소비량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_y = E_{RC,y} + E_{AC,y} + E_{IM,y} \quad (19)$$

여기서,

$E_{RC,y}$ : 대상기기중 고효율기기로 채택 가능한 부하에서의 연간 전력사용량

$E_{AC,y}$ : 대상기기중 고효율기기로 이미 채택된 부하에서의 연간 전력사용량

$E_{IM,y}$ : 대상기기중 고효율기기로 채택 불가능한 부하에서의 연간 전력사용량

$E_{RC,y}$ 와  $E_{AC,y}$ 는 고효율기기의 보급에 의해서 영향을 받게 되는 인자 즉, 기기효율, 보급률, 기기 가격, 수명, 정책 등에 의해 변화 가능한 전력량을 나타내며,  $E_{IM,y}$ 는 고효율기기 보급에 영향을 받지 않는 전력량으로써 상수로 취급 가능하다. 대상기기중 고효율기기로 채택 가능한 부하에서의 연간 전력사용량  $E_{RC,y}$ 는 아래와 같이 추정 가능하다.

$$E_{RC,y} = RC_y \cdot RLF \cdot AF \quad (20)$$

식(20)에서  $RC_y$ 는 y 년도에 대상기기중 고효율기기로 채택 가능한 부하의 총용량을 의미하며,  $RLF$ 는 대상기기의 연간 정격부하율로서  $RC_y$ 의 연간 운전이용에 대한 정보를 제공하는 요소로 고려되어야 한다.  $AF$ 는 대상기기의 연간 이용시간을 나타내는데 대상기기가 실제로 연간 얼마나 이용되는가를 나타내는 부분이며, 예를 들면 조명기기의 경우 연간점등시간을 의미하는 항목이다.  $RC_y$ 의 경우 고려 대상 연도별로 전력 모니터링에서와 같이 변하게 되며 이를 표현하면 다음과 같다.

$$RC_{y+1} = RC_y - DC_y + NI \cdot RC_y \quad (21)$$

한편, 대상기기중 고효율기기로 이미 채택된 부하에서의 연간 전력사용량  $E_{AC,y}$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E_{AC,y} = \eta \cdot AC_y \cdot RLF \cdot AF \quad (22)$$

$$AC_{y+1} = AC_y + \eta \cdot DC_y \quad (23)$$

전력량 모니터링에서의 보급률 계산, 가격, 정책에 의한 보급률 변화해석 기법은 전력모니터링에서의 방법론과 동일하다.

#### 5. DSM 정보수집 제공체계의 설계

본 연구에서의 모니터링 시스템은 고효율기기의 보급에 따라 현실적인 조사가 힘든 부하 구성 예측을 하는 체계이므로 그 시스템 구성에 있어서 부하구성비자료, 부동률, 효

을, 가격, 이용시간, 기기 수명 등의 자료를 수집 가공할 수 있는 체계를 기본 실태조사 보고서나 기존 문헌을 바탕으로 구축하게 된다. 그러나, 보다 효율적이고 정확한 자료의 수집을 위해서는 자료조사 및 수집과 가공에 대한 체계가 구체적으로 확립되어야 할 필요성이 있다.

본 연구에서의 예를 들면, 기존 용량, 기존기기 보급 예측 용량, 기존기기의 자연증가율 등은 자료를 가공 없이 이용하였으며, 문헌에 수록되지 않는 정격부하율, 일치율, 부동률 등은 부하패턴 자료로부터 사례연구 대상 부하의 구성비율 토대로 산출하였다[4, 5, 8]. 기준연도에서 기존기기의 보급 용량 RCO 즉, 고효율 유도전동기로서의 개체가능 용량은 보급 실태조사보고서를 토대로 산출하였으며, 산정된 용량과 대상 기기의 평균부하와의 비를 정격부하율로 하고 유도전동기의 평균부하와 최대부하의 비는 부동률로, 유도전동기의 전력시스템 최대부하와 시스템 최대부하시 전동기부하의 비를 일치율로 각각 산정하였다[4, 5, 8].

유도전동기에 대한 기존의 자료는 조사기관과 자료의 가공 방법에 따라 다르고 즉, 개별적으로 조사한 자료들의 조사 기간, 조사 및 추정 방법, 표본의 특성 및 대상 등이 서로 일치하지 않고 기준이 모호한 부분이 많다. 예를 들면, 전동기의 용량별로 조사된 자료들도 있는 반면, 전동기 전체만을 기준으로 조사된 자료들도 있어서 연구시 임의로 기준을 정하여 자료를 가공하게 되므로, 전체자료를 평균으로 잡아 획일화되어 있는 문제점이 있다. DSM 모니터링 시스템을 위한 입력자료의 수집을 위해 조사기관 A, B, C에서 각기 조사한 전동기 효율향상률을 서로 비교하여 보았을 때, 효율향상 인자에 대해서만 고려하더라도 표1과 같이 서로 다르게 나타남을 알 수 있다.[3-6, [8]

표 5.1 조사기관별 제공자료 차이의 사례  
Table 5.1 Sample to the data of each investigation organization

조사자료	조사기관 A	조사기관 B	조사기관 C
효율향상률	4 - 6%	2.9 - 6.5 %	2.7 - 11 % 2.9 - 6.5 %

전동기는 정격용량별로 가격, 효율, 증가율, 사용시간이 다르기 때문에, 각각의 보급추이 또한 상이하게 나타난다. 즉, 정격용량에 따라 확산모형의 s자 곡선이 다른 형태를 나타내어 각기 다른 보급확산의 정도를 취하게 된다. 그러므로, 보다 효과적인 모니터링을 위해서는 DSM 대상기기에 대한 자료조사의 방법과 기간 그리고 표본추출 및 결과추정시의 방법 등을 일치시킬 수 있는 정보수집 제공체계가 필요하게 될 것으로 사료된다. 정보수집 제공시스템 구축을 위해서는 DLC, SCADA, EMS 등과 같이 실시간으로 자료 획득 및 분석이 수행되어지는 것이 이상적이라 할 수 있으나 이는 기술과 비용적 측면에서 많은 제약을 안고 있으며, 현재의 여건상 자료조사를 통한 정보의 정확성과 통일성을 기하기 위해서는 그림 5.1과 같은 구도의 가칭 조사기관 협의체가 필요하다.

조사기관 협의체는 DSM 대상기기의 조사자료 항목을 설정하고 각 항목의 기술적 특성을 명확히 하여, 개별 조사기관이 일관된 기준에 따라 자료를 조사토록 한다. 각 조사기관은 기관별로 관심 분야의 자료를 조사하게 되며, 조사기관 상호간에 협조체제를 구축하여 부족한 자료를 보완하고 이미 조사된 자료를 서로 비교하여 모니터링 시스템에 필요한 모든 자료를 정리한다. 정리된 자료들은 다시 조사기관 협의체에 의해 평가 및 검토되고 최종적으로 일관된 자료들을 모든 관련 기관에 배포하여 사용하게 한다. 이와 함께 향후 더욱 효율적이고 정확한 자료를 얻기 위해서 조사기관 협의체의 주도로써 기존 조사자료에 대한 보정과 갱신을 할 필요성이 있다.

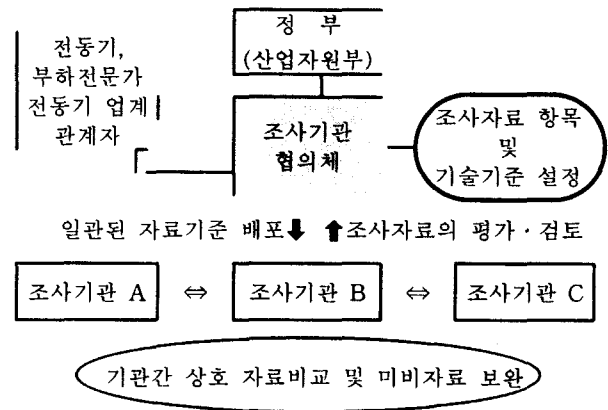


그림 5.1 DSM 대상기기 자료의 조사기관 협의체  
Fig. 5.1 Survey committee of DSM end-use data

또한, 제안된 조사기관 협의체는 더욱 효율적인 조사자료 항목의 설정과 평가 및 검토를 위해 정부와 조사기관 이외에 전동기 전공자, 부하 전공자 등과 같은 학계 관련 대표와 전동기 관련 업계 대표의 참여가 필요하다.

### 6. 사례연구

본 논문에서 제안하는 전력이용기기의 효율개선에 대한 기술개발 프로그램을 중심으로 한 DSM 모니터링 시스템을 이용하여 현재 국내에서 추진되고 있는 DSM 기술개발 대상기기를 위주로 하여 사례연구를 수행하였다. 대상기기 선정기준은 국내의 부하특성을 고려하여 연간 전력사용량과 침투부하시의 부하점유율 즉, 부하구성비에 있어서 큰 비중을 차지하여 고효율기기의 보급시 에너지절약효과가 클 것으로 기대되는 기기와 기술개발 추이에 따라 효율향상 가능성이 높은 기기를 기준으로 선정되었으며, 여기에는 고효율 형광등(FL; Fluorescent Lamp), 백열전구 대체용인 전구식 형광등(CFL; Compact Fluorescent Lamp), 3상유도전동기(3-Phase Induction Motor), 전동기 구동용 인버터(Inverter) 등을 들 수 있다. 정보수집 제공시스템 또는 실태조사 결과에 따라 각 DSM 대상기기별 입력자료를 수집, 가공하고, 고효율기기보급에 따른 계절별 최대부하시의 기기별 부하와 연간 전력사용량을 예측하여 사례 대상기기에서의 절약잠재

량을 평가하였다.

입력자료는 기존의 실태조사나 문헌[3][4][5][9]을 기초로 구성되었다. 예를 들면, 기존 부하(RC), 부하예측치(FC), 자연증가율(Ni) 등은 위의 자료를 가공 없이 조사하였으며 [4][5][8], 문헌에 수록되지 않는 정격부하율(RLF), 일치율(CF), 부동률(DF) 등은 부하패턴 자료로부터 사례연구 대상 부하의 구성비를 토대로 산출하였다. 기준연도에서 기존기기의 보급용량 RC0 즉, 고효율기기로의 개체가능 용량은 보급실태조사보고서를 토대로 산출하였으며[4][5], 용량이 조사되지 않은 기기에 대해서는 부하곡선에서의 최대부하값과 대상기기의 최대부하시 정격부하율을 이용하여 추정하였다. 산정된 용량과 대상기기의 평균부하와의 비를 정격부하율로 하고 기기의 평균부하와 최대부하의 비는 부동률로, 기기의 최대부하와 전력시스템 최대부하와의 비를 일치율로 각각 산정하였다. 표 6.1은 사례연구를 위한 입력자료이다.

표 6.1 DSM 모니터링을 위한 입력자료  
Table 6.1 Input data for DSM monitoring

고효율기기 입력파라미터	고효율 형광등	전구식 형광등	유도 전동기	인버터
기존 용량 RC0(MW)	4,291	911	26,724	9,100
정격부하율 RLF	0.42	0.32	0.65	0.65
일치율 CF	0.98	0.56	0.74	0.72
부동률 DF	1.65	3.55	1.45	1.08
부하예측값 FC(MW)	6,745	1,578	39,086	29,956
기기수명 l(년)	10	2	10	15
년간 이용시간 AF	3,591	2,704	4,274	4,100
효율향상률 η (%)	18	75	5	3
자연증가율 NI(%)	4.12	5.07	2.70	2.70
혁신계수 p	0.16	0.02	0.013	0.021
모방계수 q	0.52	0.54	0.307	0.34

고효율기기별 보급용량 추정을 위해 1994년부터 10년간 계절별로 사례연구를 수행하였다. 각 대상기기별 보급 표준 용량(Typical Capacity)을 산정하고 시간 t에서의 고효율기기의 채택수를 구하는 식(5)를 이용하면 그림 6.1과 같은 계절별 보급추이를 추정할 수 있다. 3상 유도전동기나 전동기용 인버터의 경우 확산모형에서의 누적채택수 N(t)와 유사한 패턴의 누적 보급용량 곡선이 대상기간 이내에 나타남을 알 수 있으며 반면, 고효율 형광등의 경우 대상기간 내에 보급량이 포화되지 않아 누적 보급용량 곡선의 앞부분만이 나타남을 알 수 있다.

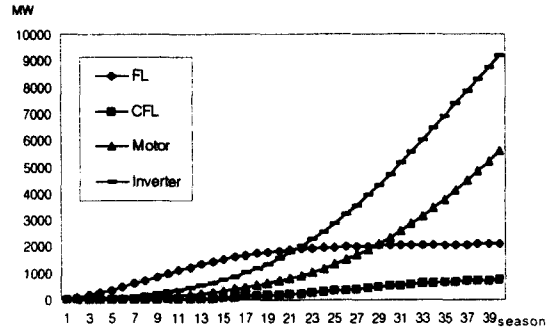


그림 6.1 누적보급용량곡선  
Fig. 6.1 Cumulative diffusion capacity curves

고효율기기에 대한 보급용량 추정은 10년을 대상으로 수행하였다. 직관형광등과 전구식 형광등은 누적채택이 완전히 포화되는 형태를 보여주는 반면에 전동기와 인버터는 경제성과 수명의 원인으로 인해 10년 이내에는 보급이 포화되지 않음을 보여주고 있으며, 누적보급곡선의 앞부분을 나타내고 있다. 그림 6.2와 그림 6.3은 직관형광등(안정기 포함)과 전구식 형광등의 계절별 최대수요를 보여준다. 직관형광등과 전구식 형광등의 최대수요 감소는 각각 1,250MW, 170MW에 이른다.

그림 6.4와 그림 6.5는 전동기와 인버터의 연간 에너지 소비를 보여준다. 에너지 절약잠재량에 대한 사례연구는 30년

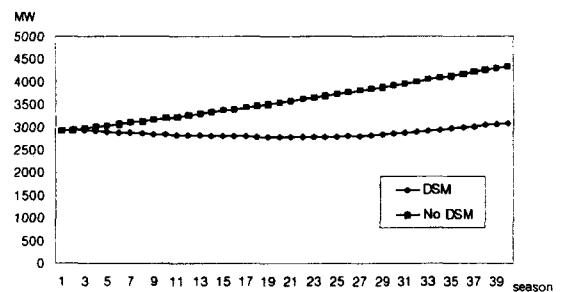


그림 6.2 직관형광등의 계절별 최대수요  
Fig. 6.2 Seasonal peak demand of FL

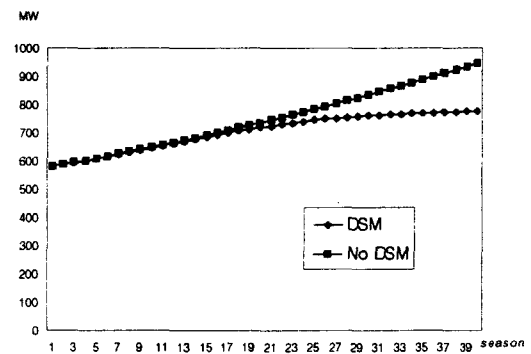


그림 6.3 전구식 형광등의 계절별 최대수요  
Fig. 6.3 Seasonal peak demand of CFL



을 대상으로 수행하였다. 에너지가 최대로 절감되는 시점은 보급이 시작된 지 약 18년 후이다.

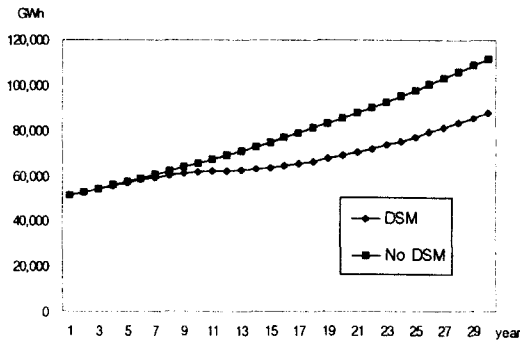


그림 6.4 전동기의 연간 에너지 소비  
Fig. 6.4 Annual energy consumption of induction motor

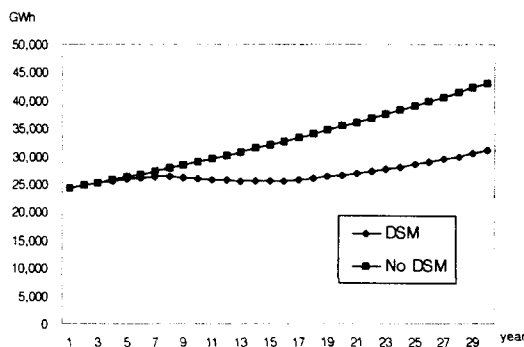


그림 6.5 인버터의 연간 에너지 소비  
Fig. 6.5 Annual energy consumption of inverter

제안한 DSM 모니터링 시스템은 가격변화에 의한 효과를 분석할 수 있다. 그림 6.6은 고효율 전동기의 가격 변화에 의한 보급용량의 변화를 보여준다. 가격 변화 정도는 참고된 시나리오에 대하여 125%, 75%, 50%이다. 쉽게 예상할 수 있듯이 가격이 낮을수록 더 많은 보급용량을 가져오지만, DSM과 관련된 투자 및 재정적인 문제가 보급을 쉽게 하지 않는다. 그러므로, 투자를 위한 최적의 시기를 찾는 것이 중요하다.

금융지원과 리베이트 제도는 제품개발의 활성화를 위한 자금 대출과 제품구매 보조를 통해 경제성 관점에서 소비자의 구매를 촉진하는 정책이며, 기술적 향상은 제품의 가치 및 효율을 향상시켜 소비자 편의 측면에서 구매를 촉진하는 정책으로서 에너지절약 성과를 극대화하는데 목적이 있다. 또한, 이들 정책은 모두 확산계수의 변화를 가져오는 공통점을 갖고 있음에 따라 본 연구에서는 이들 정책들 가운데 리베이트 제도를 대상으로 사례연구를 수행하였다.

고효율기기 가운데 직관형광등을 대상으로 리베이트가 확산에 미치는 영향을 살펴보기 위해 본 연구에서는 기존 연구를 인용하여[8] 혁신계수  $p$ 를 연도별로  $p_1=0.0730$ ,  $p_2=0.0782$ ,  $p_3=0.0817$ ,  $p_4=0.0823$ , 모방계수  $q$ 는 0.6165로 추정함으로써 사례연구를 수행하였다. 이 때, 리베이트는 혁신

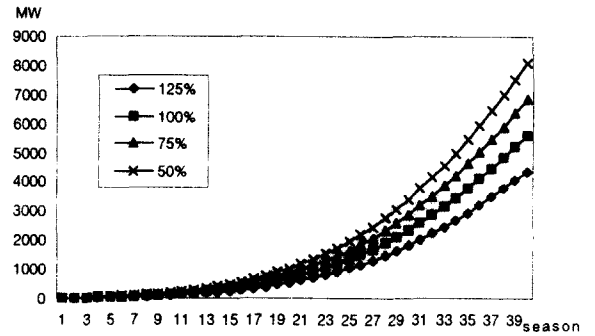


그림 6.6. 가격변화에 따른 고효율 전동기의 보급곡선 변화  
Fig. 6.6. Variations of diffusion curve according to the price change in high-efficient motor

계수에 영향을 미치며, 당기의 리베이트 효과는 당기에 나타난다고 가정하였다. 그림 6.7과 그림 6.8은 리베이트 지원이 없는 경우와 있는 경우의 최대수요와 에너지소비를 보여주고 있다. 리베이트 지원이 있을 경우에 4년 뒤에 최대수요와 에너지 소비의 절감량이 각각 약 460MW, 910GWh에 이른다.

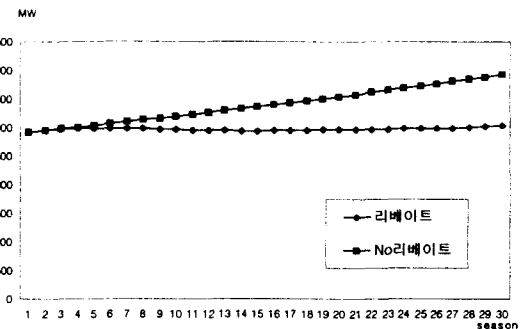


그림 6.7 리베이트에 의한 직관형광등의 계절별 최대수요  
Fig. 6.7 Seasonal peak demand of FL by rebate

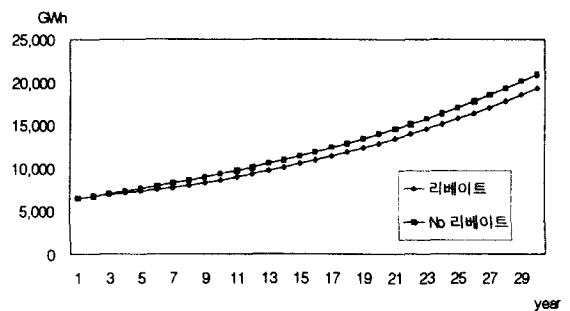


그림 6.8 리베이트에 의한 직관형광등의 연간 에너지 소비  
Fig. 6.8 Annual energy consumption of FL by rebate

## 7. 결 론

본 논문에서는 DSM의 내용 중에서 에너지 사용기기의 효율향상에 관점을 두어 고효율기기의 시장보급 확산을 위

주로 한 DSM 모니터링시스템의 방법론에 대하여 다루었으며, 기존의 문헌에서 제안된 DSM 프로그램 성과의 단순계측 내용을 확장하여 DSM 프로그램 시행중에서의 시장보급 특성을 고려한 진단과 향후의 절약잠재량 예측이 가능한 모니터링시스템을 수리모형으로 제안하였다.

고효율기기의 시장 보급특성을 적용하는 경우에 있어서 신규채택, 교체채택 그리고 개체채택의 경우로 각각 구분하여 확산모형을 적용하였으며 모니터링 방법은 전력모니터링과 전력량모니터링으로 크게 구분하였다. DSM 모니터링에 필요한 입력자료에 대한 정보수집 확립체계의 필요성과 그 구조를 제시하였으며, 이에 따른 각종 영향인자에 대하여 고려하였다. 사례연구를 통해서 자료수집체계로부터 선정된 DSM 대상기기별 최대부하와 연간 전력사용량 예측치를 보급확산모형 적용결과와 비교하여 절약잠재량 산출이 가능하였다.

향후에는 제안된 모니터링의 방법론을 중심으로 하여 장·단기 전력수급계획을 포괄한 전력시스템의 운용 및 계획에 반영하여 전력공급자 입장에서의 실질적인 잠재량을 추정하고, 세부 시나리오별 영향평가를 통해 향후 DSM 정책방향을 제시할 수 있는 방법론을 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

**참 고 문 헌**

[1] A. T. Almeida, E. L. Vines, "Advanced Monitoring Technologies for the Evaluation of Demand Side Management Programs", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 9, No. 3, pp. 1691~1697, August 1981.  
 [2] 통상산업부, DSM 성과계량 및 비용효과 분석모델 개발, 1996. 5.  
 [3] 한국전력공사 전력경제처, 전동기 보급 실태조사, 1994. 8.  
 [4] 한국전력공사 전력경제처, 조명기기 보급 실태조사, 1994. 8.  
 [5] 상공자원부, 고효율 유도전동기 기술개발에 관한 연구기획, 1993. 6.  
 [6] 통상산업부, 고효율 조명기기 보급방안 연구, 1995. 2.  
 [7] F. M. Bass, "New Product Diffusion Models in Marketing : A Review and Directions for Research", Journal of Marketing, Vol. 54, pp. 1~26, January 1990.  
 [8] 산업자원부, DSM 잠재량 평가와 모니터링을 위한 기법개발 및 활용방안 연구에 관한 최종보고서, 1998. 10.  
 [9] G. A. Churchill Jr., Marketing Research Methodological Foundations, 1995.  
 [10] Frank and Massy, An Econometric to a Marketing Decision Model, 1971.  
 [11] M. Firth, Forecasting Methods in Business and Management, 1977.  
 [12] C.W. Gellings and J.H. Chamberlin, Demand-Side Management : Concepts and Methods(2nd ed.), pp.231~264, The Fairmont Press, Inc. 1993.

[13] J. F. Engel, R. D. Blackwell, P. W. Miniard, Consumer Behavior, 1995.

**감사의 글**

본 연구는 1998년도 산업자원부 에너지관리공단 R&D본부의 지원에 의하여 수행되었습

**저 자 소 개**

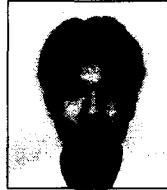
**김 정 훈 (金正勳)**

전기학회논문지 제47권 제10호 참조



**장 승 찬 (張勝燦)**

1969년 6월 30일 생. 1992년 홍익대 전기 제어공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기 제어공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학과 박사수료. 1995년~1996년 생산기술연구원. 1996년~현재 에너지 관리공단 R&D본부 전기에너지팀.



**황 성 옥 (黃盛郁)**

1974년 6월 10일 생. 1997년 홍익대 전자 전기제어공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기제어공과 졸업(석사).



**김 발 호 (金發鎬)**

1962년 7월 11일 생. 1984년 서울대 전기 공학과 졸업. 1997년 미국 UT at Austin 전기공학과 졸업(석사). 1997년 미국 UT at Austin 전기공학과 졸업(공학). 1997년~현재 홍익대 전자전기공학부 전임강사



**김 창 섭 (金昌燮)**

1962년 1월 16일생. 1984년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기 공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과(공학). 1991년~현재 에너지관리공단 R&D본부 연구기획팀장.