

## 전력 수요예측의 동향과 미래의 연구 방향

하성관, 송경빈, 김재철  
숭실대학교

### Background of Load Forecasting and Future studies

Sung-Kwan Ha, Kyung-Bin Song, Jae-Chul Kim  
Soongsil University

**Abstract** - Load Forecasting is essential in the electricity market to the participants to manage the market efficiently and stably. Therefore, we review the past researches of load forecasting and investigate various characteristics of load variation. Finally, future studies are discussed.

#### 1. 서 론

2003년 7월 현재 칠레, 영국, 오스트레일리아, 북유럽과 미국이 전력산업에 대한 구조개편을 완성하기에 이르렀다. 우리나라도 2001년 4월 한국전력의 발전부문을 분할하고 현재는 양방향 가격입찰시장을 준비하고 있다. 전력시장을 효율적이고 안정적으로 운영하기 위해서는 정확한 수요예측은 필수요소이다. 정확한 수요예측은 발전참여자에게 입찰과 경영계획에 중요한 자료이며, 송전망 운영자에게는 안정적인 송전망 운영을 위해 필수적인 자료이다. 본 논문은 전력수요 동향에 미치는 요인들과 우리나라의 전력수요예측의 여건, 기본적인 수요예측방법과 연도별, 월별, 주간별 일부하 수요변동 특성, 과거부터 연구된 예측기법에 대해 알아보고, 아직 연구되지 않은 수요패턴의 변화를 일으킬 수 있는 요인들에 대해 알아보고 미래의 수요예측의 방향을 제시해 본다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 전력수요 동향에 미치는 요인들

전력수요 동향은 현재의 경제적, 사회적, 기술적인 정세 및 이들 장래의 동향 등 많은 요인의 영향을 받을 뿐 아니라 온도, 습도, 불쾌지수, 강우량 등과 같은 기상요인과 계절, 요일, 경기변동, 산업구조, 사회적인 이벤트 등의 각종 다양한 요인에 의해서도 크게 영향을 받는다. 또한 예측수단도 국제 정세에 따른 에너지 가격의 변화에 따라 전기공급자의 여건, 예측주기, 전력부하와 전력부하에 미치는 요인과의 관계에 따라 각각 고려하여야 할 사항이 다양하다. [1], [2]

##### 2.1.1 전력수요예측의 여건

우리나라가 본격적인 경제개발계획을 수립 추진하기 시작하던 무렵에는 실적자료의 축적이 극히 미약하여 예측기법의 진전을 기대하기가 매우 곤란한 형편이었다. 경제가 발전하면서 전력수요 대상이 과거에 비해 다양하게 변화 발전하였으며, 전력성장의 급속화 및 방대화에 따라 예측기법이 더욱 크게 확대되어 다양한 수요패턴에 대응한 더욱 복잡한 수요분석 및 예측방법이 필요하게 되었다. 또한 건설기간이 긴 유연탄화력의 건설이나 건설반대가 심한 원자력 발전의 건설이 어려워짐으로서 매년 증가하는 수요를 충족시킬 수 없으므로 예측을 통한 최대전력사용의 최적화를 이루어 설비건설의 최소화화 건설되어 있는 설비의 이용률을 최대화하려 하고 있다.

최대수요의 정확한 예측은 효율적으로 발전전력을 사용하게 됨으로서 발전의 낭비를 막고 불필요한 전원설비를 막아준다. 최근에는 실계통 데이터의 DB화와 컴퓨터 데이터 처리기술의 향상으로 인해 바로 몇 분 후의 수요를 예측하고 그에 맞춰 발전기를 운전하는 기술이 가능해졌다. 또한 전력구조개편으로 인한 발전시장의 도입으로 경쟁력 있는 전력 입찰요금을 위해 보다 정확한 수요예측 필요성이 대두되고 있다. [3]

##### 2.2 기본적인 수요예측 방법

전력을 안정적으로 공급하고 전력설비를 경제적으로 운용한다고 하는 것은 구체적으로 수용가에서 필요한 전력수요를 상정하고, 수력, 화력, 원자력 등의 전원별 공급력을 적절히 배분함으로써 이루어진다. 따라서 전력수요예측은 수용가에서 필요한 전력수요를 상정한다는 점에서 전력계통의 수급계획을 세우는데 필요한 기본적인 요청이라고 할 수 있다. 수요예측이 수급계획에 주는 영향을 살펴보면, 실제수요보다 예측을 너무 크게 하면 화력이 거저부하로 운전하게 되므로 경제적이지 못하며, 반대로 실제수요보다 예측치가 너무 작아지면 공급력이 부족하여 안전운용에 문제가 생길 수 있으며 비싼 화력기가 가동되어 경제성을 해치게 된다.

수급운용계획은 대상기간에 따라 보통 익일~주간예측을 단기예측, 월~연간예측을 중기예측이라고 부르며, 대상기간이 10년 또는 그 이상일 경우 장기예측이라 부른다. 한편에서는 기본적으로 미래 3년간, 연 8760시간대의 발전단 총수요를 예측하는 프로그램을 가지고 운영하고 있다. 수급계획시 대상기간의 최소주기는 시간단위이며, 수요패턴이 하루(24시간)의 주기성을 가지므로 총수요예측은 연간 일부하곡선(365개 패턴)을 추정하는 것으로 요약할 수 있다. 수급계획을 위한 수요예측은 장기예측에서 큰 영향을 주는 사회·경제적 요인은 적은 반면 예측일에 가까운 과거의 수요패턴이나 기상변화와 밀접한 관련성이 있다. 이런 특성 때문에 예측 접근방안은 예측일에 가까운 과거의 수요실적을 분석하여 접근하는 시계열 예측모형으로 월최대-주최대-일최대 수요의 순으로 하향전개(Top Down)해 최대수요를 예측하거나 또한 수요와 그 변동요인의 인과관계를 분석하여 접근하는 중회귀분석 예측모형을 들 수 있다. 최근에는 수요예측의 비선형성과 불확실성을 반영하기 위하여 인공지능형 접근방법인 신경회로망과 퍼지이론을 이용하여 단기예측 및 특수일 예측에 활용하고 있다. [4], [5]

##### 2.2.1 연도별 수요변동 특성

한국전력의 출범과 함께 1961년 최대전력 기준으로 306[MW]에 불과하던 전력수요는 2002년에 45,773[MW]에 달해 약 40년 사이에 무려 150배의 급격한 성장을 그림1과 같이 보이고 있다. 60년대 비교적 완만한 성장추이를 보이던 전력수요는 경제발전이 본격화 된 70년대부

터 급속한 성장을 보이며 IMF이전 까지 꾸준히 성장하였다. 98년도에 IMF라는 국가적 위기시기에 처음으로 (-)성장을 하였으나 그 이후로 다시 지속적으로 증가하고 있다.

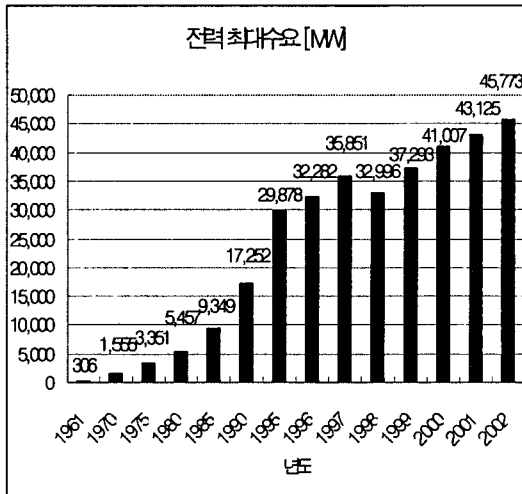


그림 1. 연별 전력 최대수요

### 2.2.3 월별, 주간별, 일부하 수요변동 특성

60년대에서 70년대 후반까지는 수요가 매월 증가하는 추세였고, 연 최대전력이 동절기에 나타났으며 수요의 증가폭도 동절기에 가장 높게 나타났다. 그 후, 70년대 후반기에는 하절기 수요가 점점 증가하는 추세를 보였으나 연 피크는 여전히 동절기에 발생하였다. 80년대에는 수요변동 패턴의 전환기로서 연간 피크가 동절기보다 하절기에 발생하는 이른바 선진국형 수요패턴인 "하절기 피크"로 진입하였고 이후 하절기 수요는 점차 큰 폭으로 증가하였다.

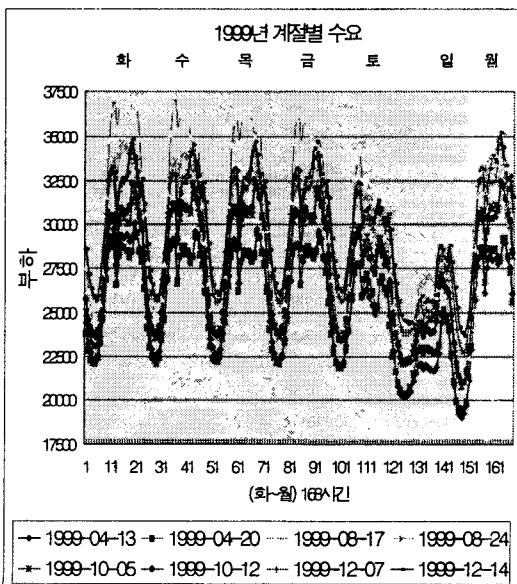


그림 2. 1999년도 계절별 수요량

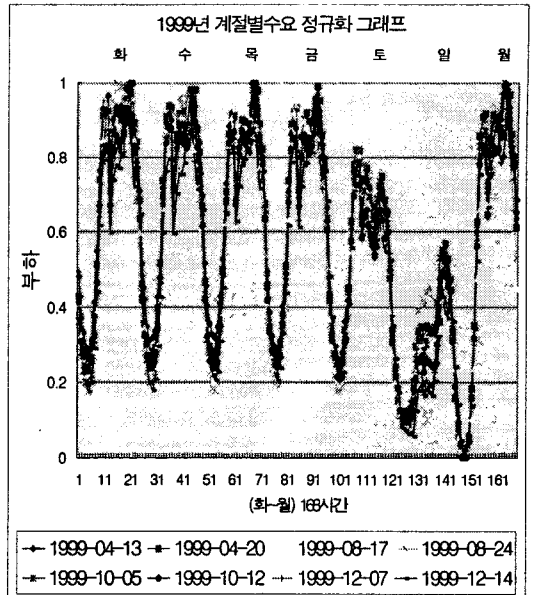


그림 3. 1999년도 정규화로 본 전력수요패턴

1999년도 계절별 주간 부하량을 살펴보면, 그림2와 그림3과 같이 여름 부하량이 가장 많음을 알 수 있으며, 다음으로 겨울, 봄과 가을 순으로 부하량이 나타남을 알 수 있다. 주간별로는 평일(화~금)의 부하패턴은 거의 동일하며, 토요일부터 감소하기 시작하여 일요일에 최대 감소량을 보이며 다시 월요일은 평일 부하량을 회복하려는 모습을 보이고 있음을 알 수 있다. 일일 부하량은 2000년대 들어서는 국민들의 심야활동의 증가로 심야부하량이 증가하는 것을 볼 수 있다.

### 2.2.4 수요예측의 연구 역사

전력수요예측에 영향을 미치는 인자들의 고려도 시대에 따라 달라졌다. 60년대에는 일기와 경제조건처럼 가장 기본이 되는 예측 인자들을 변수로 취하여 회귀모형을 세운 후 이를 외삽법(Extrapolation) 또는 지수평활법(Exponential Smoothing method)을 이용하여 예측하였다. 70년대 들어서는 확률과정론 입장에서 부하예측을 시도한 연구가 발표되었다. 불필요한 노이즈를 제거하기 위해서 칼만 필터를 이용하였다. 80년대 들어오면서 보다 더 정확한 예측을 위하여 온도, 습도, 광도 등 기상상인과 계절, 요일, 일기변동 등의 사회적인 요인들을 더욱 고려하게 되었다. 지수평활법에 의한 예측과 회귀모형식은 지금도 평일 수요예측에 기본적인 수요예측을 위해서 사용되고 있으며 추가적인 기법들을 넣어서 더 발전시키고 있다. 최대전력수요를 온도에 별로 영향을 받지 않는 기저부하성분과 온도에 민감한 기상감응 성분으로 분리하고, 이들 양성분을 그 성장특성을 고려하여 각각 예측한 후 다시 이를 결합하여 최대전력수요를 예측하는 다중회귀분석법에 의해 장기수요예측을 하기도 하였다. 90년대 들어서는 전력수요에 상존하는 불확실성 때문에 인공지능 기법에 의한 수요예측이 시도되게 되었다. 인공지능의 기법을 사용한 단기 전력수요예측에 국내의 사례는 1989년에 발표된 논문이 시초로 보여진다. 이 방법은 수요의 변동이 일정한 패턴을 갖는 평일에 대해서는 예측 시점과 동일한 시각의 과거 3일치까지의 수요치 평일을 예측치로 사용하였고 수요의 변동이 평일과 다른 토요일, 일요일, 월요일과 공휴일 등에 있어서는 수요 변동

량과의 상관관계 또한 온도의 변화와 강우량 등의 기상 요인과 수요와의 상관관계를 퍼지멤버십 함수로 표현하여 퍼지 값으로 표현된 변동요인의 우선도에 따라 최종 보정치를 연산하여 이등 평균법에 의해 구해진 예측치에 보정을 하는 방법을 이용하였다.

이후 평일에 대해 신경회로망을 적용하여 예측하는 방법이 시도되었다. 그러나 1980년대 초의 전력수요에 대해서는 2%이하의 예측 정도를 나타냈으나 1980년대 말 수요의 급증에 기인하여 예측 정도가 크게 떨어졌고 특히 주말과 공휴일과 같은 특수일의 경우, 단순한 우선도 연산에 의해서는 정확한 예측이 어려웠다. 그리하여 공휴일을 제외한 모든 날에 대해 단일의 신경회로망을 이용하여 수요를 예측하는 모델을 제시하고 특수일과 온도의 변화와 같이 일상적인 수요 패턴에 영향을 주는 모든 수요 변동 요인을 퍼지 전문가 시스템에서 처리하여 보정하는 하이브리드형의 단기 전력수요예측을 제시하기도 하였다. 1990년대에 많이 연구된 역전파 (Back Propagation :BP) 학습의 다층형 신경망을 도입한 예측 기법들이 학습을 시키는데 시간이 많이 소요되고, 입력에 따른 정확한 출력 값이 주어지지 않는 학습의 어려움으로 인해 단층구조의 코호넨신경망을 이용한 단기 수요 예측이 1990년대 말에 많이 연구 되었다. 또한 평상일에 효과적인 시계열기법 이외의 특수일의 경우에는 실무자의 판단이 더 좋은 예측결과를 도출하는 경우가 많아 전문가 시스템을 개발하여 실제통에 사용되기도 하였다.

2000년도 들어서는 특수일이나 날씨 등 비선형성을 해결하기 위해 뉴로-퍼지 모델이나 퍼지 선형회귀분석법 등이 사용되어서 평일 외에 오차가 큰 주말이나 특수일의 예측의 정확성이 더욱 향상되었다. 또한 추석과 같이 음력 특수일처럼 오차가 큰 특수일은 퍼지 최소자승 선형회귀분석 알고리즘 등을 통해 보다 나은 수요예측으로 오차를 줄이게 되었다. [1], [2], [6]-[14]

### 2.2.5 미래의 수요예측의 방향

현재 단기 전력수요예측의 정확성을 높이기 위해서는 추석과 공휴일과 같은 특수일의 수요예측의 정확도 개선을 위한 연구가 필요하다. 특히 양력에 있으며, 계절적 영향을 덜 받는 특수일 (식목일, 현충일, 신정 등)의 경우에는 평일과 같은 예측의 정확도를 보이지만, 음력에 있어서는 계절적 영향을 많이 받는 특수일 (추석 등)의 경우에 전력수요예측의 정확도를 개선 할 필요가 있다.

하절기의 경우 연최대수요가 발생하는 시점으로써 냉방기기의 사용이 점점 증가하여 수요의 양의 변화가 심하므로 예측의 정확성이 더욱 필요하며 날씨 정보에 대한 영향을 고려해야 한다. 날씨 정보로는 온도, 습도, 불쾌지수등이 있다. 최근들어 국민들의 심야활동의 증가로 인해 심야 부하의 사용량도 점점 뚜렷하게 증가하고 있는 추세이다. 특히 겨울철과 여름철의 심야 부하사용량이 두드러지게 증가함을 볼 수 있는데 이에 대한 수요예측의 변화도 필요한 실정이다. 전력시장의 도입은 전력산업구조의 많은 변화를 일으켰다. 수요예측의 중요성도 날로 증대되고 있다.

2002년도에 세계적인 행사인 월드컵이 우리나라에서 성공적으로 치러졌다. 월드컵의 영향으로 월드컵 기간에 전력수요의 변화가 발생하였다. 즉 이벤트가 전력수요에 변화를 주는데 각종 이벤트에 대한 지수개발이 필요하다.

전력은 유효전력 뿐 아니라, 무효전력도 사용되고 있다. 가정용부하들의 경우는 유효전력 사용량만을 고려하게 되겠지만, 무효전력에 민감성을 갖는 수용가의 경우

는 무효전력의 변화로 인한 피해가 야기될 수 있으므로, 무효전력수요량 또한 수요예측이 이루어져야 안정된 수요가 이루어 질 것이다. 이와 같이 유효전력과 다른 형태의 패턴을 갖는 무효전력의 사용 패턴을 예측하는 것이 필요하겠다. 미래에는 유효·무효전력의 예측으로 인해 보다 더 안정적이고 효율적인 계통운용을 이룰 수 있을 것이다.

또한 IT 산업의 발달로 수요의 감시 및 제어기술의 발전도 기대된다. 주5일제 근무에 대한 수요패턴의 변화에 대한 연구가 필요하다. DSM 정책과 직접부하제어에 따른 수요변동을 반영할 수 있는 예측기법의 개발이 요구된다. 전력시장에서 다양한 정책이 수요에 미치는 영향을 항상 감시하고 수요예측기법에 반영되어야 한다.

### 3. 결 론

전력시장의 효율적이고 안정적인 운영을 위해서 정확한 수요예측은 필수적이다. 본 논문은 전력수요예측의 배경과 주요특성을 정리하고 국내수요예측 연구에 대해 조사하였다. 그동안 연구자들의 노력으로 수요예측에 대한 정확도가 개선되었으나, 아직 고려되지 않은 수요변화의 요인들로 인해 오차의 폭은 여전히 남아있다. 연구되지 않은 심야부하변화의 예측, 이벤트로 인한 수요변화 예측, 무효전력의 예측 등을 통해 보다 완벽한 모델을 만들어 정확하고 안정한 실제통에서 사용될 수 있도록 더 많은 연구가 필요하다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 김준현, 황갑주, "대기상태를 고려한 단기부하예측에 관한 연구", 대한전기학회 논문지 31권 5호, PP.368-374, 1982.
- [2] 고희석, 정재길, "전구온도를 고려한 장기최대전력수요예측에 관한 연구", 대한전기학회 논문지 34권 10호, PP.389-398, 1985.
- [3] 박대웅, "전력수요 예측", 전기 학회지 40권 5호 PP. 18-26, 1991.
- [4] "전력수급계획 및 운용해석 종합시스템 개발에 관한 연구 (위탁분 최종보고서)", 한국전력공사 전력연구원, 1998. 12.
- [5] "전력수급계획 및 운용해석 종합시스템 개발에 관한 연구 (최종보고서)", 한국전력공사 전력연구원, 1998. 12.
- [6] 고명삼, "전력부하의 확률가정적 최적예측식의 유도 및 전산프로그램에 관한 연구", 대한전기학회 논문지 22권 2호 PP.28-32, 1973.
- [7] 박영문, 정정주, "간판 필터와 시계열을 이용한 순환 단기 부하예측", 대한전기학회 논문지 32권 6호, PP.191-198, 1983.
- [8] 고희석, 이태기, 김현덕, 이충식, "온도를 고려한 지수평화에 의한 단기부하 예측", 대한전기학회 논문지, 43권 5호, PP. 730-738, 1994.
- [9] 김광호, 박종근, 황갑주, "신경회로망과 퍼지전문가시스템을 적용한 하이브리드형 단기 전력수요 예측모델" 대한전기학회 논문지 43권 12호 PP. 2002-2009, 1994.
- [10] 고희석, 이충식, 김종달, 최종규, "기온예상치를 고려한 모델에 의한 주간최대전력수요예측", 대한전기학회 논문지 45권 4호, PP. 511-516, 1996.
- [11] 조승우, 황갑주, 김성학, "코호넨 신경망을 이용한 단기 전력수요 예측", 전기학회 논문지 46권 3호 PP. 312-316, 1997.
- [12] 박영진, 심현중, 왕보현, "뉴로-퍼지 모델을 이용한 단기 전력수요예측", 대한전기학회 논문지 49권 3호, PP.107-117, 2000.
- [13] 구본석, 백영식, 송경빈, "퍼지 최소자승 선형회귀분석 알고리즘을 이용한 특수일 전력수요예측", 대한전기학회 전력기술부학회 추계학술대회 논문집, 2001.
- [14] 조경빈, 구본석, 백영식, "특수일의 최대전력수요예측 알고리즘 개선", 대한전기학회 논문지 51A권 3호, PP. 109-117, 2002.