

시간별 전력부하 예측

金文德^o · 李允燮^{*}
(한국전력공사 · 한국전력공사)

Hourly load forecasting

Moon-Duk Kim^o · Yoon-Sub Lee^{*}
(Korea Electric Power Corporation)

Abstract - Hourly load forecasting has become indispensable for practical simulation of electric power system as the system become larger and more complicated. To forecast the future hourly load the cyclic behavior of electric load which follows seasonal weather, day of week and office hours is to be analyzed so that the trend of the recent behavioral change can be extrapolated for the short term. For the long term, on the other hand, the changes in the infra-structure of each electricity consumer groups should be assessed. In this paper the concept and process of hourly load forecasting for hourly load is introduced.

1. 서론

전력수요예측은 통상 연간 에너지(KWH)와 연최대전력(KW)으로 구분되어 전자는 발전량을 나타내고 후자는 갖 추어야 할 발전설비의 규모를 결정하는데 활용되어 왔다. 전력사업은 막대한 설비투자를 필요로 하게되므로 설비의 규모를 결정하는 연최대전력의 예측은 미래의 원가구조(혹은 요금)에도 지대한 영향을 미침은 물론 전원확장 계획에 가장 중요한 입력자료로 활용되는 것이다.

연최대전력의 예측방법은 각국마다 다르고 한편에서도 그 방법의 개선을 꾸준히 연구해 왔다. 1983년 이전에는 연최대전력을 직접예측하지 않고, 연간발전량을 예측한 다음 연부하율을 추정 연평균전력(연발전량/8760시간)을 부하율로 나누어 연최대전력을 역으로 계산하였으나 1984년이후 방법을 개선하여 연최대전력이 발생하는 8월 근무일의 부하곡선을 예측하여 그중 15시에 발생하는 최대전력을 추출하였다.

그러나 연최대전력은 1년중 어느 특정 1시간에 발생하는 부하를 예측하는 것으로서 이것으로 설비규모를 결정할 수 있지만, 전원계획의 또 하나 중요한 목적인 발전원별 구성은 최대전력이외의 시간의 부하형태가 고려되어야 하며 발전소의 유지보수를 포함한 계통의 운전계획 수립에도 필요하다. 이에따라 근래 사용되는 운전비 Simulation을 위한 Software(POWRSIM, PROMODE등)에서도 시간별 부하자료를 그 표준입력으로 사용하고 있어 시간별 부하예측은 전력계통의 단기운전계획과 장기적인 전원개발계획에도 필수 불가결한 것으로 인식되고 있다.

2. 접근방법

부하예측에 있어서 장기와 단기는 그 방법을 구분할 필요가 있다. 단기적으로는 부하의 패턴(부하곡선)이 거의 변하지 않는데 이는 일정제품을 생산하는 공정이 쉽게 변화될 수도 없으며 특수한 전기기기가 새로 사용되거나 근무시간이 변경되지 않는 한 큰 변화는 나타나지 않기 때문이다. 그러나 장기적으로는 산업구조의 변화 즉 동일한 형태의 부하곡선을 갖는 일정산업의 점유율이 정부시책이나 경제조건에 따라 변할 수 있고 이것이 전체 계통의 부하곡선을 변화시킨다.

그러므로 단기에서는 산업의 구조변화를 고려하지 않고 다만 최근의 부하형태 즉 습관이 그대로 이어진다는 가정하에 전체 계통부하의 과거 자료를 분석 그 형태를 추출, 연장하는 방법을 사용하는것이 좋겠다. 또한 장기예측에서는 각 부문별 부하곡선은 일정하다는 전제하에 그 점유율이 변화하여 전체 부하곡선이 변화하게 되므로 정부의 경제전망에 입각한 각 부문별 전력 소비량 예측치를 근거로 전체 부하곡선을 추정한다.

3. 단기 부하예측

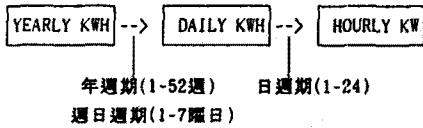
3.1 개요

단기부하예측모형은 계량경제모형을 이용하여 예측된 연간 전력소비량(KWH)을 8760개의 시간별 부하(KW)로 배분하는 방식이다. 이는 계통부하의 年週期, 週日週期, 日週期에 따른 負荷變調係數를 추출하여 미래 1-3년간의 8760시간별 부하에 연장한 시계열 예측 모델이다. 따라서 예측결과는 과거의 부하형태 즉 습관을 연장하며 예측된 부하의 합은 연간 발전량 예측치와 일치한다. 입력자료는 다음과 같다.

- ① 최근 10개년 8760개 시간별 계통부하 및 일발전량
- ② 최근 10개년 공휴일 및 코드 목록
- ③ 예측연도 3개년 발전량 예측치
- ④ 예측연도 3개년 특수일 목록
- ⑤ 최근 10개년 운송도 자료
- ⑥ 최근 30년 예년 기상자료

3.2 變調係數의 정의

앞에서 언급한 바와 같이 단기 시간별 부하예측모형은 연간 발전량(KWH)을 변조계수를 통해 시간별 부하(KW)로 조개 분배하는 방식으로 다음과 같은 절차를 갖는다.



$$E_t = T_t \cdot \epsilon_t \cdot \lambda_t \quad P_{t,h} = E_t \cdot \Pi_t$$

E_t : 日電力需要(daily energy)

T_t : 추세를 제거한 일수요

ϵ_t : 日需要 相對係數 ($\epsilon_t = \epsilon_{n,i,j}$)

n: 연도, i: 주일(1-52), j: 요일(1-7)

λ_t : 특수일 계수

$P_{t,h}$: 시간별 부하(hourly load)

Π_t : 시간별 상대계수 (t : 1 - 24)

3.3 예측과정

예측과정은 우선 과거 10개년치의 일수요 또는 일평균부하를 분석하여 이상기온, 특이사항, 요금충격등에 기인하는 고란치의 보정이 가능하도록 자료를 배열한다. 일수요 變調要因(年週期, 週日週期)을 추출하여 일평균부하를 먼저 예측한 다음 같은 방법으로 일부하곡선을 결정짓는 시간별 부하변조요인(週別, 曜日別, 時間別)을 추출, 일평균부하와 결합하여 365일의 일수요와 8760개의 시간별 부하를 예측하는 일련의 작업과정을 거친다.

가) 자료 입력 및 과거실적 분석

과거 부하자료의 분석을 위하여 週別(52주), 曜日別(7개 요일), 時間別(24시간)에 대한 10개년 데이터로 재분류 한다. 여기서 365일을 52주별(52주 X 7일 = 364일)로 분류하기위해 12월 31일은 직전 同曜日과 비교 큰 것으로 대체토록 하고 윤년의 경우에 2월 29일을 9번째주 同曜일에 포함 동일한 방법으로 처리한다.

먼저 연간 수요성장을 추세를 제거한 연부하곡선의 초항(전년 마지막주 평균)을 구한 다음 주별성장율이 52주 동안 균등하다는 가정하에 52주별 평균부하를 산출하고 이를 이용 상대계수(일수요/주평균수요)를 계산한다.

n년도의 A_0 (n-1 년도 마지막주 평균전력)

$$AVRG_n = \frac{A_{n,0} \sum_{i=1}^{52} (1+R)^{i/52}}{52} \quad \text{이므로}$$

$$A_{n,0} = \frac{52 \cdot AVRG_n}{\sum_{i=1}^{52} (1+R)^{i/52}} \quad (\text{단, } R : \text{년 수요성장율})$$

연도별 각주 평균발전량($A_1 \dots A_{52}$)

$$A_{n,i} = A_{n,0} \times \text{GROWTH RATE}_n^{(i/52)}$$

연도별, 주별, 요일별 상대계수($\epsilon_{n,i,j}$)

$$G_{n,i,j} / A_{n,i} \rightarrow \text{해당주 요일별 발전량} / \text{주평균}$$

이 상대계수 계산결과에 의하면 특수일 코드가 부여된 공휴일등을 제외하고는 안정적이어서 부하의 변화가 규칙적이라는것을 알 수 있으며, 특수일에 해당하는 날자는 별도로 계수를 구하여 예측에 반영한다.

'91 하계요금구조 개편시 강화된 요금제도에 의해 91.6-8월의 경우 수요가 역제됨으로써 상대계수가 매우 낮아진 현상을 보였는데 이의 補整도 예측시에 기술기와 절편을 각각 산출, 기술기는 그대로 적용하되 역제효과가 반영된 절편을 대입 예측하였다.

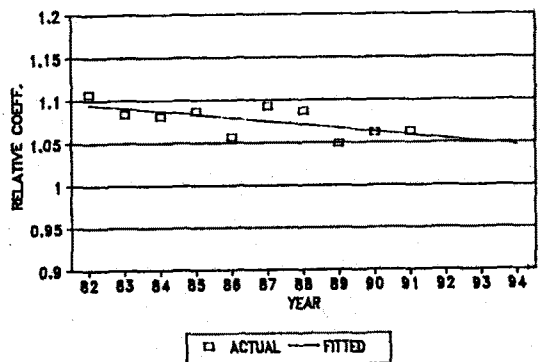
$$\text{Intcpt}_n = \text{Intcpt}_0 - (\text{Actual}_{91} - \text{Fitted}_{91})$$

또 예측기간중 일별 전국평균 온습도에서 30년 예년 온습도를 맨 差와 일수요를 회귀분석한 결과 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다. 시간별 부하도 특이치가 거의 발견되지 않아 기상 이상치의 보정은 문제되지 않았다. 이는 전국 평균적인 기상조건이 일수요에 미치는 영향이 크지 않다고 설명될 수 있다. 그러나 향후 냉난방 부하의 지속적 증가와 더불어 피크와 관련한 특정시간대의 부하에 대해 온습도의 변화에 따른 불규칙이 심화될 경우 이의 보정이 필요할 것이다.

나) 日發電量 變調係數 추출 및 예측

일소비량 변조계수는 상대계수($\epsilon_{n,i,j}$) 물 위에서 본 바와 같이 구한후 이것을 종속변수로, 연도를 설명변수로 하여 최소자승법에 의한 1차 회귀분석법을 사용 미래 3년치를 예측하였다.(그림 1)

RELATIVE COEFF. FORECAST
WEDNESDAY OF 25TH WEEK



< 그림 1 >

특이일의 경우는 별도로 상대계수를 예측, 일요일과 근무일로 구분하여 정상일에 대한 비율을 계산 예측치에 반영하였다. 또 특수일의 경우중 설날, 추석, 초파일등과 같이 음력을 쓰는 경우는 해마다 발생주일, 요일이 달라짐으로 미리 해당날자에 당해 특수일 코드를 부여하여 특수일 계수(λ_t)를 예측치에 반영토록하였다.

이와 같이 예측한 상대계수($\epsilon_{n,i,j}$)와 주별 일형별 데이터로서 수요부서에서 예측한 연발전량및 연도별 성장율을 이용해 만든 주별 평균전력(al..a52)을 결합하여 365일(혹은 366)의 일수율을 예측하였다.

다) 時間別 負荷 變調係數 추출 및 예측

일소비량 變調係數의 경우와 마찬가지로 특이일 코드가 부여된 연도별, 주별, 일형별, 시간별 부하자료를 이용 일평균부하에 대한 시간별 상대계수를 작성하고 특이일은 별도의 상대계수를 추출하였다. 이 상대계수를 최소자승법에 의해 미래 3년치를 예측하여 일소비량 예측에서 계산된 일평균부하 예측치를 결합시킴으로 365일간의 시간별 부하예측을 하였다.

$$P_{n,i,j,h} = E_{n,i,j} \cdot \prod_{n,i,j,h}$$

단, 특수일의 경우는

$$P_{n,s,h} = E_{n,s} \cdot \prod_{n,s,h}$$

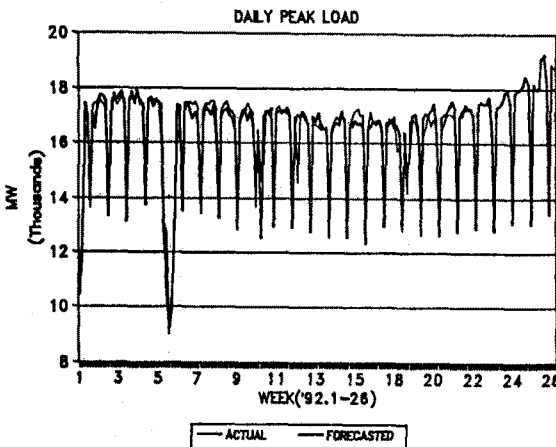
S : 특수일 코드

앞에서 언급했듯이 처음 시간별 상대계수 평균의 90% 이상을 정상치로 가정, 이에대해 10% 이상 불규칙 폭을 보인 이상치를 검색해본 결과는 특이일 코드가 부여된 날을 제외하고는 없는 것으로 나타나 특이일을 제외하고는 부하가 규칙적으로 변화한다는 것을 알 수 있었다.

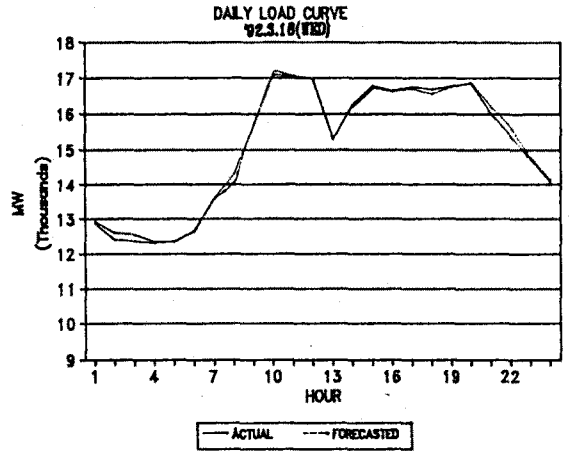
라) 예측모형의 검증

본 예측모형은 별도로 예측된 연발전량을 시간별부하로 분배하는 방식으로써 예측된 1년 8,760시간별 부하의 합은 연발전량 예측치와 일치해야만 한다. 그러나 특수일의 경우 별도 상대계수 예측치를 적용하고 특이치를 보정할 경우 약간의 차이가 있게 되므로 상대계수의 총계가 365(윤년 : 366)이 되도록 등을 조정 하였다.

예측된 결과는 최근 실적과 비교하여 편차가 심한 경우는 변조계수의 일반적 틀에서 나타나지 않는 것이거나 특수일을 별도로처리함으로써 회귀예측을 위한 自由度의 부족등 요인이 있을 수 있으나 대체로 오차율 5 - 6% 수준이고 부하곡선의 형태가 매우 유사하게 나타 났다. (그림 2, 그림 3 참조)



< 그림 2 >



< 그림 3 >

4. 장·단기모형의 결합

지연관계상 자세한 설명을 할 수 없으나 장기부하예측에는 부문별(가정용, 상업용, 산업업종별)의 부하곡선이 가장 중요한 입력자료가 되며 이로인해 통상 부문별 모형이라고도 한다. 이렇게 방법상 전혀 다른 두개의 모형을 사용되므로 예측된 결과가 일관성이 없어 년중가율의 기록이 심할 수가 있다. 이러한 결과를 피하기 위하여 1-2년은 단기예측으로 5-20년은 장기예측(부문별모형)으로 한 다음 예측에 누락된 3-4년은 일상대계수와 시간별상대계수를 보간법으로 찾아내어 예측치를 구한다.

5. 결론

단기예측모형의 개발로 일단 시간별부하예측의 첫시도를 하였다고 볼 수 있으나 앞으로의 많은 개선점을 갖고 있다는 것을 부인 할 수 없다. 첫째, 통계적으로 유의성이 없다고 판정된 기상요인과의 관계를 어떻게 추출하느냐 하는 것이다. 현재의 분석으로는 기상조건외에도 노사분규, 산업의 생산지수등 부하에 큰 영향을 미치는 요인이 중복되어 있기 때문이라고 보여지며 이를 요인별로 영향(Sensitivity)을 계산해 내는 방법이 연구되어야 한다. 둘째, 장기예측에 있어 가장 기본적인 입력자료가 되는 부문별 부하곡선자료의 수집이 필요하다. 현재의 적산전력량계로는 한달 사용량 전체만을 알 수 있으나 수용부문별 부하곡선을 알기 위해서는 시간에 대한 전기사용상황을 기록 할 수 있는 기록형계량기가 필수적이다. 근래의 급속한 전자통신기술의 발전으로 전자식 계량기가 보급이 되고 있어 이 문제는 앞으로 수년내에 해결될 것으로 보인다. 예측된 시간별부하는 많은 자료량때문에 책자로 발간하는 것보다 한전내 Mainframe에 수록, 각부서에서 손쉽게 취득하도록 하고 여러 문제점을 개선보완하여 예측의 정도를 높여 나가고자 한다.