

연간수요예측시스템의 개발

추진부 이철휴 전동훈* 김성학 황갑주

전력연구원 전력연구원 전력연구원 한국전력공사 울산대학교

Development of An Yearly Load Forecasting System

Jin-Boo Choo Cheol-Hyu Lee Dong-Hun Jeon Sung-Hak Kim Kab-Ju Hwang

KEPRI

KEPRI

KEPRI

KEPCO

Univ. of Ulsan

Abstract - The yearly load forecasting system has been developed for the economic and secure operation of electric power system. It forecasts yearly peak load and thereafter deduces hourly load using the top-down approach. Relative coefficient model has been applied to estimate peak load of a specific date or a specific day of the week. It is equipped with graphic user interface which enables a user to easily access to the system. Yearly average forecasting error may be reduced to 2~3(%) only if we can forecast summer-time temperature correctly.

1. 서 론

전력시스템을 안정적이고 경제적으로 운영하기 위한 방안을 수립하기 위해서는 시시각각으로 변동되는 전력수요를 정확하게 예측하는 일이 우선된다. 최근 전력시스템은 그 설비구성이 점점 복잡·대규모화되고 있으며, 설비의 복잡·대규모화는 화력기의 기동정지계획, 양수운용계획 및 적절한 운전에비의 확보 등 수급계획상의 여러가지 문제들을 야기하고 있다. 이러한 수급상의 문제에 적절히 대처하기 위해서는 무엇보다 정확하고 실용적인 수요예측기술이 요청된다.

수요예측은 예측기간에 따라 순시예측(수분~수십분), 단기예측(1일~1주), 중기예측(1주~1년) 및 장기예측(수년)으로 구분되며, 예측모형화의 관점에서는 수요 구성설비들을 분석하여 총수요를 예측하는 미시적인 접근법과 과거 총수요실적 시계열에 포함된 수요변동요인을 분석하여 예측하는 거시적인 접근법이 있다.

본 연구를 통하여 개발한 연간수요예측 시스템은 미래 3년까지의 시간별 수요를 예측하는 중기예측 시스템이다. 실용적인 예측을 수행하기 위해서는 예측정확도가 높고, 예측과정이 체계적이고 단순하여야 하며, 정확도면에서는 구간의 평균예측오차보다 첨두수요가 발생하는 시점의 예측오차를 감소하는 것이 중요하다. 이런 점에서 연간수요예측 시스템은 과거실적을 이용하여 최대수요를 추정한 후 이 값을 이용하여 고찰구간으로 전

개하는 거시적 하향 접근법으로 1~3년간의 시간별 수요를 예측한다. 즉, 에너지 관리시스템(EMS)에서 자동 취득되는 시간별 수요실적과 기상대의 기상실적을 이용하여 연최대수요를 추정한 후 월최대·주최대·일최대수요의 순으로 예측을 수행하며, 시간별 수요는 일최대수요에 과거의 수요패턴을 반영하므로서 추정한다. 이때 매주간의 요일별 최대수요와 특수일의 최대수요는 평상일 대비 상대계수를 이용하여 추정을 하며, 평상일 상대계수는 과거의 수요실적을 이용하여 미리 모형화한다. 연간수요예측 시스템은 Windows 95 OS하에서 4세대 언어인 Visual Basic으로 작성하고, 자료는 관계형 데이터베이스인 MS Access에 구축함으로써 소프트웨어의 유지보수나 재사용을 용이하게 하였다.

2. 시스템의 구성

연간수요예측 시스템은 인간 중심의 수요예측 시스템으로, 예측전문가가 수행하는 예측업무를 그대로 컴퓨터를 통하여 쉽고 빠르게 수행 할 수 있도록 개발하였다. 실적자료를 검토하고 다양한 예측을 하며, 예측결과를 분석·보정하여 보고서를 작성하는 일련의 과정을 자동적으로 또는 사용자와의 대화를 통하여 수행되도록 구현하였다. 그림 1은 연간수요예측 시스템의 개념적인 구성을 나타낸 그림이다.

연간수요예측 시스템은 강력한 그래픽 기능을 가진 퍼스널 컴퓨터와 주변장치, 데이터베이스 및 사용자 인터페이스의 결합체이다. 미리 구축된 예측모형을 이용하여 예측일의 특성에 맞는 예측모형으로 예측을 하며, 필요에 따라 예측 전문가의 지식을 반영하고 급전원의 간섭이나 판단도 반영된다. 사용자와 컴퓨터와의 인터페이스는 수요곡선을 그레프나 그리드에 나타낸 후 마우스나 대화상자를 통해 이루어진다.

과거수요와 기상실적 및 예측결과를 처리하기 위하여 과거 실적으로 8년간(1988년 ~ 1995년)의 시간별 수요 및 지역별(서울, 부산, 대전, 대구, 광주) 기상자료(일최고온도, 최저온도, 조도)와 예측결과를 관계형 데이터베이스인 MS - Access에 구축하였으며 날짜를 인덱스 키로 정하여 자료의 검색을 신속하게 하였다.

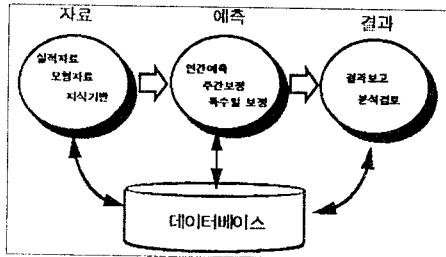


그림 1. 연간수요예측 시스템의 구성

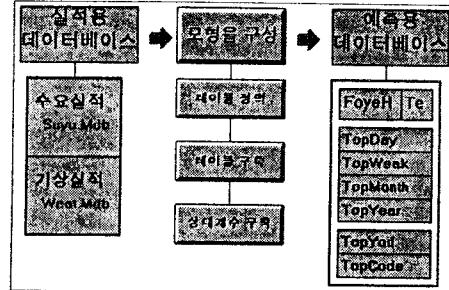


그림 2. 예측모형의 구축

3. 과거실적 및 상대계수 모형

연간수요예측 시스템은 예측을 체계적으로 수행하기 위하여 과거의 실적 시계열을 이용, 예측에 필요한 모형을 구축한다. 그림 2는 예측모형을 구축하는 화면의 일부를 나타내며 예측모형을 구축하는 과정은 다음과 같다.

- (1) 데이터베이스 파일의 생성
- (2) 데이터베이스내 기능별 테이블의 생성
- (3) 일간, 주간, 월간, 연간실적모형 테이블의 구축
- (4) 요일 및 특수일 상대계수모형 테이블의 구축

구간별 실적모형 테이블은 과거 실적중에서 최대수요, 최저수요, 평균수요, 최고온도, 최저온도 및 평균조도를 추출하여 구축한다. 여기서 최대수요란 고찰구간의 최대수요를 평균한 값을 의미한다.

연간수요예측 시스템에서 요일별 예측 및 특수일의 예측에는 평상일의 최대수요와 일상대계수 모형을 이용하여 예측을 수행한다. 평상일 대비 상대계수는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{평상일 대비 상대계수} = \frac{\text{대상시점의 수요}}{\text{대상시점 부근 평상일 시점의 수요}} \quad (1)$$

상대계수에는 대상시점에 따라 요일 상대계수와 특수일 상대계수가 있다. 연간수요예측 시스템은 요일에 따른 수요특성을 반영하기 위하여 요일을 9개의 코드(일 1, 일 2, 월 1, 월 2, 화, 수, 목, 금, 토)로 분류하였으며, 요일 상대계수 테이블은 이들 요일의 월별 평상일 최대수요에 대한 백분율 상대계수(%)값을 가진다. 특수일 상대계수 테이블은 해당 특수일의 평상일 최대수요에 대한 상대계수인데, 예를 들면 1996년 설날(2월19일, 제7주) 10시의 수요는

$$\left\{ \begin{array}{l} 1996 \text{년 제7주의 평상일 최대수요[MW]} * \\ \text{설날의 상대계수[%]} * \\ 10 \text{시의 상대계수[%]} \end{array} \right\}$$

와 같이 표현할 수 있다.

4. 예측의 흐름

연간수요예측 시스템은 입력, 또는 예측된 년 최대수요를 고찰구간인 월-주-일-시간순으로 전개하는 하향접근법을 사용하여 년 8760시간의 수요를 예측한다.

본 연구에서 제안한 년 최대수요 예측기법은 과거 수년간(기본은 3년)의 평상월(11월) 최대수요, 최대월(8월) 최대수요, 기상조건 등을 이용하는데, 실적년도의 평상월(11월) 대비 최대월(8월) 상대계수와 회귀분석 또는 신경망 분석에 의해 구해진 온도변화에 따른 상대계수 감소를 이용하여 예측년도의 년 최대수요를 예측한다. 월 최대수요와 주 최대수요는 과거 수년간의 평상일 모형을 평균한 년 최대수요에 대한 상대계수를 이용하여 예측한다.

$$\text{월(주)상대계수} = \frac{\text{월(주)최대수요}}{\text{연최대수요}} \quad (2)$$

평상일 최대수요는 주 최대수요와 요일 상대계수를 이용하여 예측하며, 특수일 최대수요는 특수일 이전 평상일의 최대수요와 특수일 상대계수를 이용하여 예측한다. 시간별 수요는 예측된 해당일의 최대수요에 시각별 상대계수를 곱하여 구해진다. 이러한 예측 과정을 개략적으로 나타내면 그림 3과 같고 연, 주, 일 최대수요의 예측화면을 그림 4, 5, 6에 나타내었다.

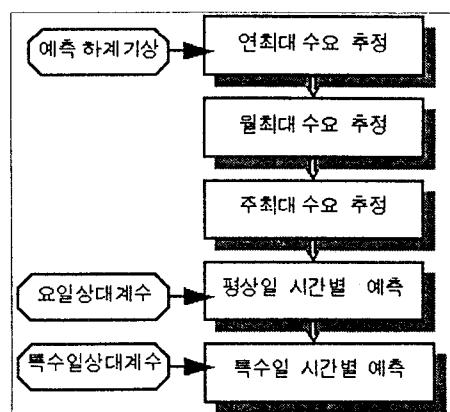


그림 3. 연간수요예측 시스템의 예측과정

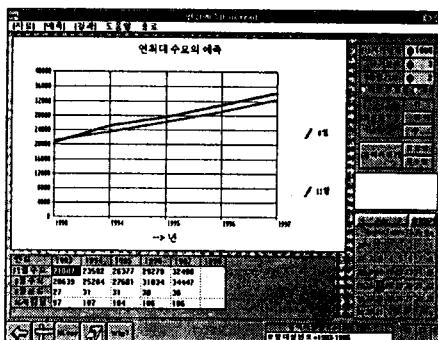


그림 4. 연최대수요의 예측화면

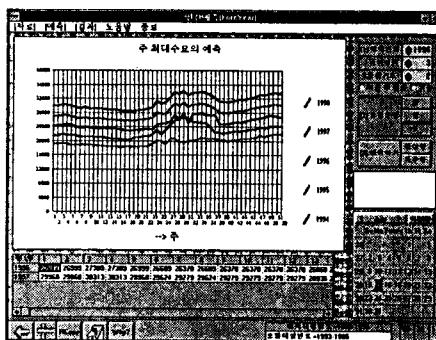


그림 5. 주최대수요의 예측화면

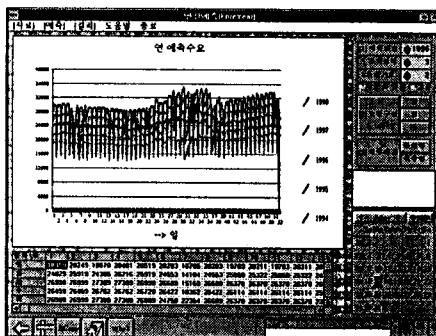


그림 6. 일최대수요의 예측화면

5. 사용자 인터페이스

보다 실용적인 연간수요예측 시스템의 역할을 수행하기 위해서는 예측방법은 물론 사용자 인터페이스가 중요하다.

연간수요예측 시스템은 실무부서의 예측업무를 체계적이고도 쉽게 접근할 수 있는 편리한 그래픽 사용자 인터페이스를 개발하여 대부분의 작업은 마우스만을 이용하여 수행할 수 있다. 예측 대상날자는 달력을 이용하여 자유자재로 선택할 수 있으며, 예측결과도 그래프 조정용 스피너를 이용하여 변경할 수 있다.

연간수요예측 시스템은 기예측된 결과를 사용자

가 검증하고 보정하기 위하여 예측수요의 보정기능을 포함하고 있다. 여기서 검증이란 예측결과가 타당한지의 여부를 검토하는 기능이고, 보정이란 검토과정에서 필요에 따라 수시로 예측결과를 수정하는 기능이다. 그림 7은 예측된 특수일(추석)의 보정하는 화면을 보인 것이다. 사용자 인터페이스는 보정할 날자를 달력에서 선택한 후 화면 오른쪽의 “[1]모형구성 ~[4]저장하기”까지 차례대로 아이콘을 누르면서 대화식으로 작업을 진행할 수 있다. 모형구성시 1~5 [개]의 유사패턴을 선택적으로 반영할 수 있으며, 수요곡선을 중첩하여 검토하면서 예측결과를 보정할 수도 있다. 또한 검토를 도와주기 위하여 화면하단의 그리드에 다양한 정보(날짜, 요일, 코드, 기상, 증감율, 저감율)를 제공하고 있다. 일례로 임의의 수요패턴을 예측에 반영/제거하기 위해서는 해당 수요패턴에 관련한 저감율 요소를 두번 클릭(반영/제거 Toggle)하면 된다.

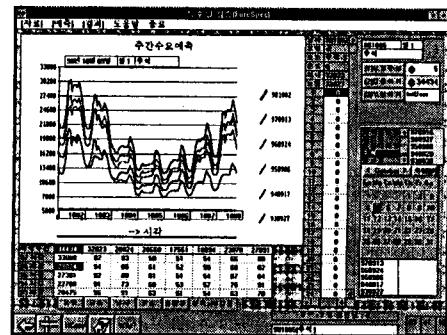


그림 7. 특수일 주간의 보정화면

6. 사례연구

개발한 연간수요예측 시스템을 이용하여 최근 2년(1994년~1995년)간의 수요를 예측하고, 예측의 정확도를 평가하였다. 예측의 정확도는 예측시뮬레이션의 조건에 크게 의존하는 바, 여기서는 추후 정확도 개선의 척도로 삼기 위하여 예측시뮬레이션에 필요한 계수들을 Default값으로 설정하였으며, 예측오차율을

$$\text{예측오차율} = \frac{|\text{실적값} - \text{예측값}|}{\text{실적값}} * 100[\%] \quad (3)$$

로 정의하여 일평균오차와 일최대오차를 구하였다. 여기서 일최대오차는 하루중 가장 큰 오차가 아닌 최대수요가 발생한 시각의 오차를 의미한다. 이러한 예측오차는 예측초기에 입력(또는 추정)되는 연 최대수요에 큰 영향을 받는데, 94년의 경우는 극고온임을 감안하여 최대수요를 실적치와 비슷한 26,500[MW]로 입력하였으며, 95년의 경우는 온도(34°)를 입력하여 최대수요를 예측하였다. 온도(34°)에 대한 최대수요는 28,300[MW]로 추정되었다.

사례연구 결과는 표1~표2와 같고, 표에서 비고란은 평일수/주말일수/특수일수(개수)를 의미한다.

(표 1) 1994년의 예측오차(%)

월	평일	주말	특수일		비고	
01	1.70	1.86	3.25	3.48	2.57	2.95 16/12/3
02	2.14	2.35	1.69	1.31	4.44	3.95 12/6/10
03	2.17	2.71	1.94	1.31	3.40	2.91 14/12/5
04	2.23	2.57	1.60	2.13	0.98	2.38 15/12/3
05	2.21	4.18	2.50	2.73	3.43	3.41 11/13/7
06	2.30	2.92	2.96	3.43	7.18	6.44 17/10/3
07	5.67	5.21	7.22	6.67	10.33	10.54 13/10/8
08	4.89	3.69	5.11	5.25	8.56	8.60 13/ 9/9
09	3.14	3.69	3.06	3.37	5.55	5.44 13/ 8/9
10	1.94	2.54	3.12	3.56	10.10	8.28 15/13/3
11	2.97	3.65	0.77	1.23	0.10	2.70 18/11/1
12	1.83	2.33	3.53	3.48	2.66	3.66 17/ 9/5
평균	2.71	3.09	3.02	3.14	5.62	5.60 174/125/66

(표 2) 1995년의 예측오차(%)

월	평일	주말	특수일		비고	
01	0.73	0.69	4.09	4.20	5.34	4.61 14/ 9/8
02	1.82	1.73	2.81	2.56	4.26	4.33 12/11/5
03	1.61	1.72	2.06	2.10	4.26	3.82 16/12/3
04	0.65	0.88	2.31	2.44	4.45	3.36 13/14/3
05	2.89	3.07	2.86	3.03	4.26	2.79 15/9/7
06	2.52	2.33	2.57	2.49	1.64	2.00 14/10/6
07	3.65	3.53	3.09	3.36	3.30	3.70 15/14/2
08	4.38	4.06	4.01	3.83	7.91	7.93 17/11/3
09	3.08	3.05	4.81	4.83	2.74	2.75 11/10/9
10	2.24	2.27	3.70	3.75	4.04	3.82 15/12/4
11	1.04	1.06	1.25	1.46	-	- 18/12/0
12	1.86	1.35	3.11	3.60	7.60	6.63 17/11/3
평균	2.21	2.14	3.00	3.09	4.22	3.82 177/135/52

전체적으로 볼 때, 평상일은 2~3(%), 주말(토, 일, 월)은 3~4(%), 특수일은 4~6(%)'의 예측오차를 나타내고 있으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 평상일의 예측오차는 과거모형을 적절히 조정함으로써 2(%) 전후 수준을 유지하였다.
- (2) 3~4(%)의 주말 예측오차는 일수요폐탄의 변화주기(격주)와 기상조건의 영향 때문에 발생하였다. 이 문제는 주말 예측모형의 구성시 유사폐탄을 지능적으로 식별할 수 있는 기능을 추가함으로써 예측오차를 3(%) 전후로 유지할 수 있을 것이다.
- (3) 4~6(%)의 특수일 예측오차는 예측일과 같은 패턴(요일)의 과거실적자료가 없기 때문에 발생(같은 요일의 특수일은 7년에 1회 발생)하였다. 따라서, 이 문제는 충분한 과거실적을 구축함으로써 4(%) 전후의 예측오차를 유지할 수 있을 것이다.

이러한 예측오차는 연간수요예측 시스템에 포함된 사용자의 예측보정기능과 예측전문가의 지식기반에 의해 더욱 개선될 것으로 기대된다.

7. 결 론

본 연구를 통하여 전력계통의 운용업무에 활용될 연간수요예측 시스템을 개발하였다.

연간수요예측 시스템은 정확도 높은 수요예측을 위한 유일한 기법이란 존재할 수 없다는 점과 예측전문가에 의한 경험적 예측이 컴퓨터에 의한 예측보다 정확하다는 점을 감안하여 예측전문가와 사용자의 다양한 요구사항을 반영하여 단순화하면서도 엄밀한 예측이 가능하도록 개발되었으며, 그 예측과정 또한 실무부서의 예측절차와 유사하게 구성되었다. 여기서 단순화이란 단지 예측년도만을 선택함으로써 거시적, 하향식 접근에 의해 신속하게(1~2분 이내) 년 8760시간의 예측결과를 얻을 수 있음을 의미하고, 엄밀함이란 예측된 특정일을 대상으로 하여 면밀한 보정이 가능함을 의미한다. 실제로 예측오차가 많이 발생하는 음력 특수일 주간(설날 및 추석의 경부하 주간)의 경우 수동보정을 함으로써 예측오차를 평상일 수준까지 개선할 수 있음을 검증하였다. 이러한 보정기능은 예측정확도를 개선할 뿐만 아니라 사용자에게 예측에 관련한 기술적인 감각을 익히는 역할도 할 것으로 기대된다.

연간수요예측 시스템은 사용자의 활용여부에 따라 효용성이 달라지는 유연성을 가진 시스템으로써 기본적으로는 실적자료를 신속, 정확하게 입력하여 예측환경에 대처하고, 일단의 예측결과를 분석을 통하여 다음 예측시에 반영함으로써 보다 개선된 예측결과를 기대할 수 있다. 또한 예측문제가 갖는 특성상 정량적인 효과를 제시하기는 어려우나, 예측년도의 여름 최고온도의 정도(극고온, 고온, 평온, 저온, 극저온)를 예측할 수만 있다면 연누계 일평균 예측오차를 2~3(%) 수준으로 유지할 수 있을 것으로 기대되며 이러한 예측정확도는 전력계통의 경제운용과 연계되어 상당한 비용절감의 효과를 가져올 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) IEEE Committee Report, "Load Forecasting Bibliography Phase I", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-99, pp. 53-58, 1980
- (2) W.R. Christiaanse, "Short Term Load Forecasting Using General Exponential Smoothing", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-90, No. 2, March/April 1972
- (3) G. Gross, F. D. Galiana, "Short-Term Load Forecasting", Proc. of IEEE, Vol. 75, No. 12,

pp.1558-1573, Dec. 1987

- (4) S. Rahman, R. Bhatnagar, "An Expert System Based Algorithm for Short Term Load Forecast", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.3, no.2, pp.392-399, May 1988
- (5) T. Onda, "Next day peak load forecasting using an artificial neural network", Report Y92007, CRIEPI, 1992
- (6) "특수경부하 수요변동특성분석 프로그램 개발 보고서", 한국전력공사 계통운용처, 1993
- (7) "하계 냉방부하특성분석", 한국전력공사 전력경제처, 1995
- (8) "단기 수요예측 전문가시스템 개발", 한국전력공사 계통운용처, 1995