

### 전력수급계획을 위한 연간수요예측 산법

황갑주, 주행로\*, 이명희\*, 안대훈\*  
울산대학교, 전력거래소\*

### Yearly Load Forecasting Algorithm for Annual Electric Energy Supply Plan

Kab-Ju Hwang, Haeng-Ro Ju\*, Myoung-Hee, Yi\*, Dae-Hoon Ahn\*  
University of Ulsan, Korea Power Exchange\*

**Abstract** - 본 연구를 통하여 전력수급계획에 필요한 연간 시간대별 총수요를 예측하는 산법을 개발하였다. 예측과정은 크게 평상일 예측과 특수일 예측으로 구분된다. 평상일의 경우는, 연중 최대수요가 발생하는 하절기 기상으로부터 연중 최대수요를 예측한 다음, 하향식 접근에 의해 주간-일간-시간대별 평상일 수요를 예측하며, 특수일 수요는 예측된 평상일 수요와 평상일 대비 상대계수 모형으로부터 예측한다. 예측의 정확도를 개선하기 위하여 시계열 자료에 가중치를 부여하고, 실적자료가 생길 때 마다 자동으로 모형이 갱신되도록 하였으며, 수요예측 결과를 검증, 보정하기 위해 주간수요예측을 재수행할 수 있다. 또한 계획된 월간 전력량 제약에 협조하는 예측산법도 포함하였다.

#### 1. 서 론

전력수급계획은 고품질의 전력생산과 경제급전, 안정운영 등 전력사업의 기본목표를 달성하는데 필수적인 업무이다. 우리나라는 그동안 여러 실무부서가 상호 밀접한 관계를 가지고 분산 수행해 오던 수급계획 단위업무를 결합한 종합 패키지 HITES(Highly Integrated Total Energy System)를 개발한 바 있는데, HITES에는 수요예측(LOF/ES), 수급계획(ESP/ES), 운용해석(PSS/ES) 기능이 종합 데이터베이스(RDBMS)를 기반으로 통합 구성되어 있다.[1]

본 연구에서는 수급계획업무의 기초자료가 되는 1~3년간의 수요를 효과적으로 예측하는 연간수요예측 산법 YEHL(Yearly Hourly Load Forecasting)을 제안하고 소프트웨어로 개발하였다. 수급계획의 최소구간은 시간단위이며, 수요패턴이 하루(24시간)의 주기를 가지므로 연간수요예측이란 연간 일수요곡선(365개 패턴)을 추정하는 것으로 요약할 수 있다. 실용적인 예측을 위해서는 예측정확도가 높고 예측과정이 체계적이어야 하며, 예측결과가 설명될 수 있어야 한다. 또한 정확도면에서는 구간의 평균예측오차보다 첨두수요가 발생하는 시점의 예측오차를 감소하는 것이 의미가 있다. 이런 배경에서, 제안하는 산법은 과거 수요실적을 이용하여 구간 최대수요를 추정한 후, 이 값을 이용하여 대상구간으로 전개하는 안정적인 하향접근법으로 예측을 수행한다.

예측과정은 우선 평상일의 수요를 예측한 후 특수일의 수요를 예측한다. 평상일의 경우는, 연중 최대수요가 발생하는 하절기 기상으로부터 연중 최대수요를 예측한 다음, 주간-일간-시간대별 평상일 수요를 예측한다. 특수일 수요는 예측된 평상일 수요와 평상일 대비 상대계수 모형으로부터 예측을 한다. 예측의 정확도를 개선하기 위하여 시계열 자료에 가중치를 부여하고, 실적자료가 생길 때 마다 자동으로 모형이 갱신되도록 하였으며, 수요예측 결과를 검증, 보정하기 위해 주간수요예측을 재수행할 수 있도록 하였다. 또한 계획된 월간 전력량 제약에 협조하는 예측산법도 포함하였다. 제안한 산법을 검증하기 위하여 우리나라 실계통에 적용하였으며, 예측오차를 포함한 제량들을 제시하였다.

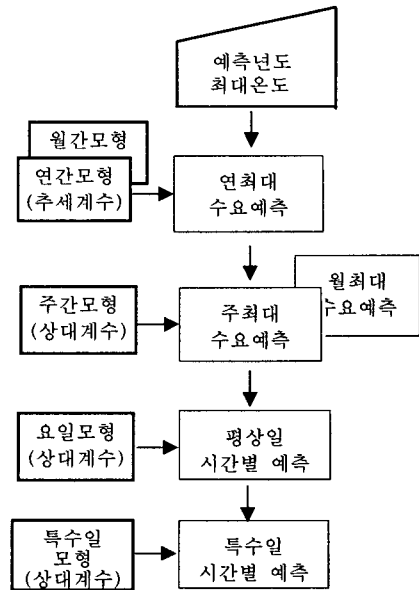
#### 2. 본 론

##### 2.1 연간예측 과정

본 연구에서 도입한 연간예측 과정은 과거실적 자료를 이용한 추세분석과 연최대수요 전망치를 기준으로 상대계수 모형에 의해 하위레벨로 전개(연-월/주-일-시)해 가는 하향식(Top-down) 접근법으로 예측산법의 흐름은 <그림 1>과 같으며, 블록별 산법은 다음과 같다.

- (1) 연최대수요 예측을 위한 추세분석
  - 실적년도의 연최대수요 연중감율 산정
  - 실적년도의 평균증감율을 미래(3년)까지 이동평균
  - 미래년도의 최대수요를 추정
- (2) 연최대수요의 예측
  - 과거 평상일(11월) 대비 최대월(8월)의 상대계수(저감율) 산정
  - 실적기준온도(과거 8월의 평균온도) 산정
  - 과거 8월의 평균추세(8월/11월), 민감도[%변동/도] 산정
  - 실적년도 평상일(11월)의 평균증감율 산정
  - 평균증감율을 이동평균하여 미래 11월의 개별 증가율로 지정

- 8월 기준수요 = 과거 11월의 평균증가율 × 평균추세(8월/11월)
- 최대수요(8월 기준수요)를 예측
- (3) 온도를 고려한 연최대수요의 예측
  - 최대온도 상대계수(8월/11월)를 산정
  - 예측년도의 최대수요를 추정
- (4) 월최대수요의 예측
  - 과거 연최대수요와 월최대수요로부터 월상대계수를 산정
    - 월상대계수 = 월최대수요 / 연최대수요 [pu]
  - 예측된 연최대수요와 산정된 월상대계수로부터 월최대수요를 추정
    - 월최대수요 = 연최대수요 × 월상대계수[pu]
- (5) 주최대수요의 예측
  - 과거 연최대수요와 주최대수요로부터 주상대계수를 산정
    - 주상대계수 = 주최대수요 / 연최대수요 [pu]
  - 예측된 연최대수요와 산정된 주상대계수로부터 주최대수요를 추정
    - 주최대수요 = 연최대수요 × 주상대계수[pu]
- (6) 평상일 시간대별 수요의 예측
  - 예측된 주최대수요로부터 일최대수요 산정
    - 일최대수요 = 주최대수요 × 요일상대계수[pu]
  - 평상일 시간대별 상대계수를 이용하여 시간대별수요를 예측
    - t시각의 수요 = 일최대수요 × t시간대 상대계수[pu]
- (7) 특수일 시간대별 수요의 예측
  - 예측된 평상일 최대수요로부터 특수일 최대수요를 예측
    - 특수일 최대수요 = 평상일 최대수요 × 특수일 상대계수[pu]
  - 특수일 시간대별 상대계수를 이용하여 시간대별 수요를 예측
    - 특수일 t시각의 수요 = 특수일 최대수요 × t시간대 상대계수[pu]



<그림 1> 연간예측 산법의 흐름

##### 2.2 수요예측 결과의 보정

현재 전력거래소(KPX)에서는 일간 수요를 예측하기 위하여 LoFy(Load Forecasting Expert System)라는 소프트웨어를 사용하고 있다. LoFy는 예측일의 특성에 적합한 산법을 도입하고 예측과정에 사용자가 개입하여 예측정확도를 개선할 수 있다.[2] 필자 등은 LoFy의 예측구간을 주간으로 확대하여 주간수요를 예측할 수 있는 산법을 개발한 바 있는데, 그 접근방법은 예측주간과 같은 특

성의 과거실적을 식별한 다음, 평상일 최대수요를 구하고 동기대비 상대계수(PRC)와 평일대비 상대계수(ORC) 모형을 도입하여 주 168시간의 수요를 예측한다.[3]

$$PRC = \frac{\text{기준시점}(d,t)\text{의 수요}}{\text{기준시점}(d,t)\text{과 같은 특성의 시점}(d-,t)\text{의 수요}}$$

$$ORC = \frac{\text{기준시점}(d,t)\text{의 수요}}{\text{기준시점}(d,t)\text{이전 평상일 시점}(d-,t)\text{의 수요}}$$

본 연구에서는 예측된 연간 수요예측결과를 검증-보정하기 위하여 주간수요예측 루틴을 도입하였다. 즉, 예측된 8,760시간대의 예측결과를 실적시계열로 가정하여 연 52주간의 주간예측을 재수행 함으로서 사용자가 예측결과에 검증을 통한 수정을 가능하게 하였다.

### 2.3 계획 전력과 협조

전력계통에는 월별 연료사용량 제약과 같은 운용상의 제약이 생길 수 있는데, 이런 점을 감안하여 예측된 연간수요를 월별 계획전력량[MWh]에 협조시키는 산법도 개발하였다. 기능적으로는 계획전력량과 예측수요와의 불일치 분량(조정량)을 1)주어진 구간에 균등배분, 2)주어진 구간에서 최대수요를 고정하고 배분, 3)주어진 구간에서 최대 및 최저수요를 고정하고 배분하는 3가지 방안을 포함하고 있다.

<그림 2>는 전력량과의 협조방안을 흐름도로 나타낸 것이며, 그 과정은 다음과 같다.

- ① 대상년도 월(月)의 일(日)수를 점검
- ② 전력량 테이블(revload)로부터 월별 전력량을, 예측수요 테이블(forload)로부터 예측수요 자료를 입력
- ③ 조정모형을 구성
  - 조정량 = 예측한 월간 전력량 - 지정 전력량
  - 일별 조정모형 = 일전력량 / 월전력량 [pu]
  - 시각별 조정모형 = 시각별 MW / 일최대 MW
- ④ 조정량을 산정
  - 일별 조정량 = 월편차 × 일별 조정모형
  - 시각별 조정량 = 일편차 × 시각별 조정모형
- ⑤ 협조된 예측수요를 산정
  - 일별 협조MW = 일별 예측MW + 일별 조정MW
  - 시각별 협조MW = 시각별 예측MW + 시각별 조정MW
- ⑥ 협조된 예측수요를 테이블(forload)에 저장

### 2.4 실계통 적용예

개발한 연간총수요예측 산법의 성능을 평가해 보기 위하여 2004년의 연간수요예측 결과의 예측정확도를 정리하면 <표 1>과 같다. 평가에 사용된 예측오차는 시간대별 예측오차 절대치의 합을 평균한 백분율 오차[%]로 정의된다.

$$\text{예측 오차율} = \frac{|\text{실적값} - \text{예측값}|}{\text{실적값}} \times 100[\%]$$

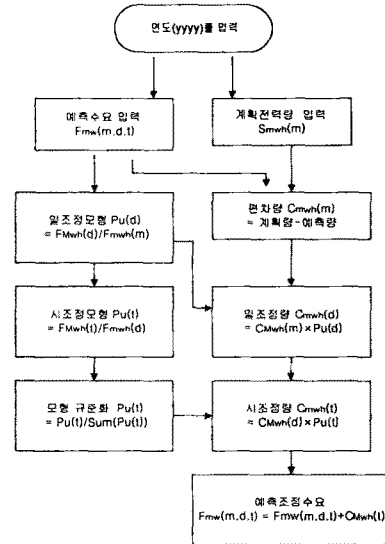
평균오차 못지않게 중요한 것은 최대수요가 발생하는 시점의 예측오차이며, 평가에서 최대오차란 개별오차값 중 가장 큰 값이 아닌, 최대수요 발생시점의 예측오차를 의미한다. 평가시 연중 최대수요를 포함한 제반 계수들은 Default값을 그대로 사용하였고, 주간예측을 통한 보정도 수행하지 않았다.

개발한 산법을 실무에서 활용할 때는 예측오차를 개선하기 위해 예측모형을 갱신하고, 또 주간 보정루틴을 이용하는 등 사용자의 적극적인 개입에 의해 예측정확도가 대폭 개선될 수 있을 것이다.

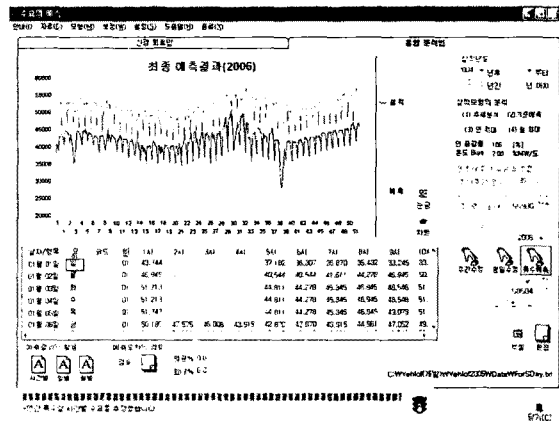
<그림 3>은 연간수요예측 화면을 보인 것이다.

<표 1> 2004년 연간수요예측 오차율

2004년	평일		주말		특수일		일수
	평균	최대	평균	최대	평균	최대	
1	1.86	1.23	4.27	4.64	5.00	2.88	12-6-13
2	2.01	1.42	5.90	5.30	14.61	10.79	16-12-1
3	1.37	0.95	4.86	4.73	5.43	3.30	17-12-2
4	2.38	2.60	4.24	4.60	4.00	2.92	13-10-7
5	1.89	2.07	4.19	4.43	2.62	1.58	10-13-8
6	2.05	2.60	2.70	2.71	0.00	0.00	18-12-0
7	2.76	3.27	4.36	4.26	6.30	6.07	17-11-3
8	3.77	4.50	7.06	8.14	7.93	7.61	13-12-6
9	1.53	1.96	3.37	3.51	4.99	7.43	14-9-7
10	1.64	1.61	4.52	4.23	4.20	3.07	16-13-2
11	2.56	2.06	5.60	4.95	0.00	0.00	17-13-0
12	3.35	3.17	5.70	5.18	0.74	0.36	18-11-2
연평균	2.28	2.29	4.79	4.75	4.92	4.13	181-134-51



<그림 2> 월간 전력량과의 협조 산법



<그림 3> 연간수요예측 화면

## 3. 결론

본 연구를 통하여 수급계획종합시스템 HITES의 연간수요예측 산법을 개발하였으며, 연구결과를 요약하면,

- (1) 하계 기상자료를 바탕으로 추정된 연최대수요를 이용하여 주간-일간-시간대별 평상일 수요를 예측한 후, 평상일 대비 상대계수 모형으로부터 특수일의 수요를 예측하는 체계적이고 안정적인 산법을 제안하였다.
- (2) 예측정확도를 개선하기 위하여 예측과정의 시계열 자료에 가중치를 부여하고, 또 수요 및 기상실적 자료가 생길 때 마다 기상 민감도를 갱신하도록 하였다.
- (3) 예측된 8,760시간대의 예측결과를 실적시계열로 가정하여 연 52주간의 주간예측을 재수행 함으로서 예측결과에 검증의 검토를 통한 보정을 가능하게 하였다.
- (4) 연간 예측된 결과를 월별 계획전력량[MWh]과 협조시키는 조정모형 산법을 포함하였다.
- (5) 제안한 산법의 효용성을 평가하기 위하여 2004년도 실계통 자료를 대상으로 모의를 해 본 결과, 평일은 2~3%, 주말과 특수일은 4~5% 정도의 예측오차율을 나타내었다.

본 연구를 통한 연간수요예측 산법의 개선은 전력수급계획 업무에 연계되어 원활한 전력거래 및 상당한 비용절감으로 기여하게 될 것이다.

### [참고 문헌]

- [1] "전력수급계획 및 운용해석 종합시스템 개발에 관한 연구", 한국전력공사 전력연구원, 1998. 12
- [2] "단기전력수요예측 전문가 시스템 사용자 설명서", 전력거래소, 2002
- [3] 황강주, 김광호, 김성학, "주간수요예측 전문가 시스템 개발", 전기학회 논문지 48A권, 4호 1999년 4월
- [4] "수요예측 자료집", 한국전력공사 계통운용처, 2000
- [5] "특수 정부하 수요변동특성의 분석", 한국전력공사 계통운용처, 2002