

### 계통계획을 위한 지역별 전력수요예측

조인승, 이창호, 박종진  
한국전기연구원

### Regional Electricity Demand Forecasting for System Planning

I. S. Jo, C. H. Rhee, J. J. Park  
Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract** - It is very important for electric utility to expand generating facilities and transmission equipments in accordance with the increase of electricity demand. Regional electricity demand forecasting is among the most important step for long-term investment and power supply planning. The main objectives of this paper are to develop the methodologies for forecasting regional load demand. The Model consists of four models, regional economy, regional electricity energy demand, areal electricity energy demand, and areal peak load demand. This paper mainly suggests regional electricity energy demand model and areal peak load demand. A case study is also presented.

#### 1. 서론

최근의 지속적인 전력수요 증가는 전원설비의 증설 뿐만 아니라 전력을 수용가까지 수송하는 송변전설비의 증설을 필요로 하고 있으며, 이에 따른 막대한 재원조달과 송배전입지문제를 야기시키고 있다. 또한, 최근의 민자발전 도입, 열병합발전과 같은 분산형 전원의 증가 등에 따라, 전원배치와 계통망 구성에 대한 장기적인 계획과 전략적인 적기, 적소에 계통설비를 증설한다든지 계통을 안정적으로 운용하기가 매우 어려운 것으로 전망된다. 이러한 각종 전력계통 계획이나 송배전 설비 투자 및 비용의 합리적인 분석을 위해 가장 기본적으로 필요한 자료는 전력계통을 지역 또는 모선별로 나누었을 때의 중기 또는 장기적인 부하의 예측치이다. 본 논문에서는 계통계획시 필요한 각 지역별 및 지구별 전력수요 및 부하예측의 알고리즘을 제시하고 최근 데이터를 활용한 장기 지역별수요예측 시나리오를 제시하였다.

#### 2. 예측모형의 구성

##### 2.1 예측시스템 구성

본 논문에서의 지역별 전력수요 및 부하예측모형은 지역경제의 분석으로부터 출발하여 지역 및 지구별 전력량예측을 거쳐 지구별 최대부하를 예측하는 계량경제적 접근방법을 적용하였다. 계량경제기법에 의한 모형은 그림 1.의 모형구성 및 흐름도에서 볼 수 있는 바와 같이 지역경제로부터 시작되어 순차적으로 수행되며, 지역경제모형, 지역전력량모형, 지구전력량모형, 지구최대부하모형 등 4개의 부모모형으로 구성되어 있으며, 상호연계과정을 통해 예측을 수행하게 된다. 이하에서는 주로 계량경제기법에 의한 예측모형을 순차적으로 검토하였다.

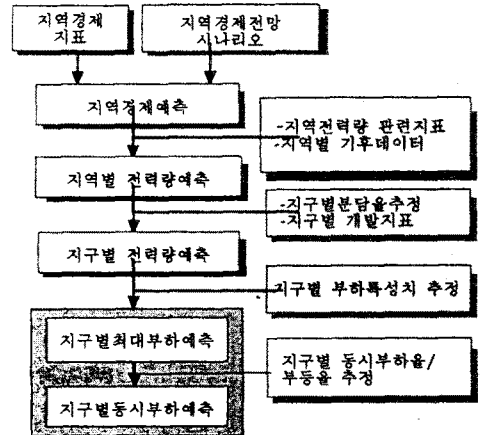


그림 1. 지역별 전력수요예측모형 흐름도

##### 2.2 지역경제예측모형

지역경제예측모형에서는 각 지역의 산업별 생산(부가가치)을 예측하며, 부가가치를 예측하기 위한 외생변수 가운데서 광공업 자본스톡, 산업별 고용자(취업자)수는 별도의 예측모형에 의하여 내부적으로 예측된다. 그 이외의 외생변수는 정부 및 관련 연구기관의 예측전망치를 활용하거나, 시나리오를 설정하여 적용하였다. 예측에는 구조모형에 의한 계량경제기법이 적용되었으며, 고용자(취업자)수 예측에는 Shift-Share 기법이 활용가능하다. 단계별 함수구성 및 지역경제예측모형의 구조는 표 1 및 그림 2.와 같다.

표 1. 지역경제예측모형의 단계별 함수구성

| 산업분류/예측단계 | 1차 예측모형 | 2차 예측모형 | 3차 예측모형 |
|-----------|---------|---------|---------|
| 농림어업      | -       | • 취업자수  | • 부가가치  |
| 광공업       | • 자본스톡  | • 고용자수  | • 부가가치  |
| 서비스업      | -       | • 고용자수  | • 부가가치  |

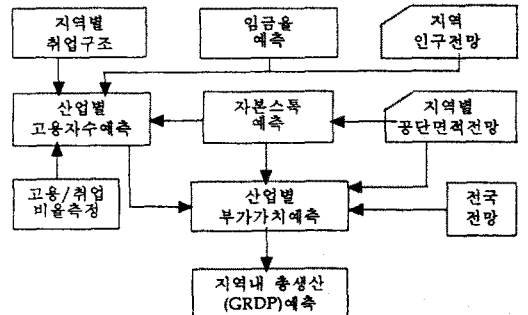


그림 2. 지역경제예측 구조모형

### 2.3 지역별전력량예측모형

전력수요함수의 기본형태는 Flow-Adjustment Model로 생산함수에서 이윤극대화조건에 따라 도출된다. 생산함수가 CES형 생산함수일 경우 다음과 같이 함수식을 설정할 수 있다.

$$Y = \gamma \{ \delta D^{-\rho} + (1-\delta)X^{-\rho} \}^{-1/\rho} \quad (1)$$

이윤극대화 조건에 따라서 식(1)로부터 다음 식이 도출된다.

$$D = AY^\alpha (P_e/P)^\beta \quad (2)$$

여기서,

$$\alpha = (\nu + \rho) / (\nu(1 + \rho)), \beta = -1 / (1 + \rho)$$

$$A = [\gamma^{(\nu+\rho)} / (\nu(1-\delta))]^{-(1/(1+\rho))}$$

식(2)에서 D는 전력수요, Y는 생산액, X는 전력이외의 생산요소를 나타내며,  $P_e$ 는 전기가격, P는 생산물 가격을  $\rho, \nu, \sigma$ 는 각각 효율, 분배, 대체규모의 파라미터를 의미한다. 식(2)를 다시 전력수요함수형태로 정리하면 다음과 같다.

$$D_t = AY_t^\alpha P_t^\beta \quad \alpha > 0, \beta < 0 \quad (3)$$

한편, 의도된 전력수요  $D_t^*$ 는 식(3)으로부터 다음과 같이 가정할 수 있다.

$$D_t^* = AY_t^\alpha P_t^\beta \quad (4)$$

실제로 의도된 전력수요로의 조정이 코익(Koyic)형의 분포형태로 이루어진다고 가정하면, 다음과 같은 식이 성립된다.

$$D_t/D_{t-1} = (D_t^*/D_{t-1}^*)^\theta \quad 0 \leq \theta \leq 1 \quad (5)$$

식(4)를 식(5)에 대입하면 다음 식이 도출된다.

$$D_t = A^\theta Y_t^{\alpha\theta} P_t^{\beta\theta} D_{t-1}^{1-\theta} = a Y_t^b P_t^c D_{t-1}^d \quad (6)$$

여기서, 식(6)의 양변에 모두 대수를 취하면 다음 식(7)과 같은 선형형태가 된다.

$$\log D_t = a' + b \log(Y_t) + c \log(P_t) + d \log(D_{t-1}) \quad (7)$$

표2는 식(7)을 '83-'97년의 지역경제 및 전력지표를 활용하여 추정한 용도별 전력량예측모형의 함수식이다.

표 2. 지역별전력량모형 추정함수식

| 구분  | 구조식  |
|-----|--|
| 주거용 | LRRWH = -0.390 + 0.819LRRWH(-1) + 0.182LGRDP<br>(-2.627) (33.66) (7.455)<br>- 0.074LRPE + 0.059 LCDD<br>(-2.756) (3.739)<br>[ R <sup>2</sup> = 0.998, D-W = 1.958 ]  |
| 업무용 | LRCWH = 0.105 + 0.928LRCWH(-1) + 0.061 LVASV<br>(0.659) (63.43) (3.993)<br>- 0.119 LCPE + 0.081 LCDD<br>(- 7.380) (3.923)<br>[ R <sup>2</sup> = 0.998, D-W = 1.668 ] |
| 산업용 | LRIWH = 0.609 + 0.921 LRIWH(-1) + 0.055 LVAMF<br>(4.374) (69.04) (4.470)<br>- 0.073 LIPE - 0.152 DT1<br>(2.324) (8.480)<br>[ R <sup>2</sup> = 0.998, D-W = 1.455 ]   |

단, LRRWH(LRWH, LRIWH): 주거용(업무용, 산업용) 판매전력량  
GRDP: 지역내 총생산 (=VAMF + VASV + VAAG)  
VASV: 서비스업 부가가치  
VAMF: 공공업부가가치  
CDD: 냉방도열  
RPE(CPE, IPE) 주거용(업무용, 산업용)전기요금  
D, DT는 지역 및 지역\*시간 가변수임  
각 변수명앞의 "L"은 자연대수(log)를 의미함

### 2.4 지구최대부하예측모형

#### 2.4.1 지구별 전력량예측

지구전력량예측모형은 각 지역(13개)을 계통계획수립에 적합하도록 보다 세분한 소지구별(85개) 전력량예측모형으로, 예측절차는 우선 지구들이 속한 지역의 개발계획에 따른 확정 또는 잠정 전력수요 예측분을 산정한 후, 이를 지역전력량 예측치에서 감한 나머지를 과거 실적을 감안하여 예측한다.

#### 2.4.2 지구별 최대부하예측

지구별 최대부하 예측모형에서는 전국의 각 변전소별 M.Tr. 및 직거래수용가의 최대부하 및 전국최대부하 발생일의 동시부하실적값과 지구별 전력량예측모형에서 예측된 지구별 총전력량수요예측값을 토대로 지구별 최대부하 및 동시최대부하를 도출한다. 지구부하율(ALF)은 실적산출이 불가능하기 때문에 변전소별 최대부하(SPKW)와 지구별 판매전력량(ACKWH)로부터 다음과 같이 계산되며, 지구최대부하예측을 위한 미래전망치는 실적값의 이동평균(Moving Average)으로 계산된다

$$ALF_{i,t} = \frac{ACKWH_{i,t}}{\left( \sum_{j=1}^k SPKW_{i,j,t} / ANCF_{i,j,t} \right) \times (1 - DL_t) \times 8760} \quad (8)$$

여기서 DL: 배전손실율

ANCF: 지구부하율

i: 지구 (i=1...l)

j: 변전소 (j=1...k)

t: 시점 (t-m, ..., t, ..., t+n)

이때, 지구별 최대부하(APKW)는 식(8)로부터 다음과 같이 주어진다.

$$APKW_{i,t} = \frac{\sum_{j=1}^k SPKW_{i,j,t}}{ANCF_{i,t}} \quad (9)$$

한편, 지구별 동시부하율(ACF)은 전국최대부하시 변전소별 동시최대부하(SCKW) 및 지구별 최대부하(APKW)로부터 다음과 같이 계산되며, 미래 전망치는 과거실적값의 평균치를 적용하였다.

$$ACF_{i,t} = \frac{\sum_{j=1}^k SCKW_{i,j,t}}{APKW_{i,t}} \quad (10)$$

지구동시최대부하(ACKW) 및 지구최대부하(APKW)는 다음과 같이 전국최대부하예측값(NPKW)으로 조정된다.

$$ACKW_{i,t+n} = ACKW_{i,t+n}^* \times \frac{NPKW_{t+n}}{\sum_{j=1}^k ACKW_{j,t+n}^* \times (1 - TL_{t+n}) \times (1 - IC_{t+n})}$$

$$\text{여기서, } ACKW_{i,t+n}^* = \frac{ACKWH_{i,t+n} \times ACF_{i,t+n}}{ALF_{i,t+n} \times (1 - DL_{t+n}) \times 8760}$$

TL : 송변전손실율  
IC : 소내소비율

$$APKW_{i,t+n} = ACKW_{i,t+n} \times ACF_{i,t+n} \quad (12)$$

구체적인 예측절차는 그림 3의 절차와 같다.

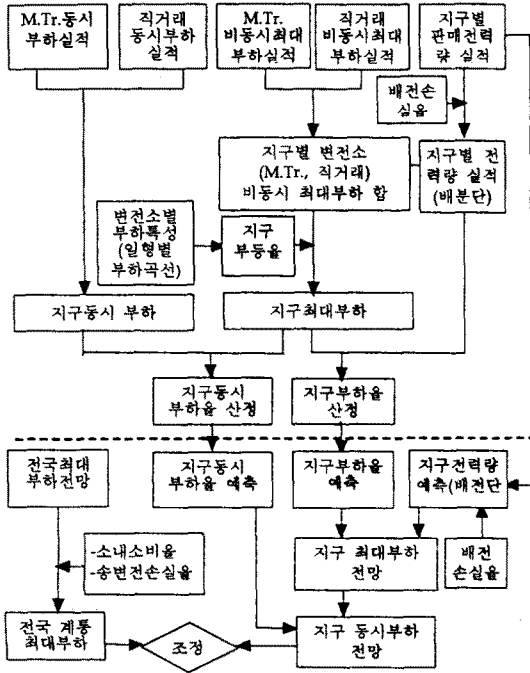


그림 3. 지구별 최대부하 예측절차

### 3. 예측시산 및 분석

본 논문에서 제시된 지역별 전력수요량 예측 모형의 주 시산결과는 다음 표 4~5와 같다. 시산결과 전국총 전력수요량은 예측기간동안 연평균 3.7% 정도 성장하여 예상되며, 지역별로는 서울 도심권 및 타지역으로부터의 인구유입과 개발이 예상되는 경기지역의 수요성장이 5.6%로 가장 높았으며, 강원지역은 1.7%로 성장률이 가장 낮게 예측되었다.

표 3. 지역별 전력량 예측결과

| 구분 | 1997<br>(실적) | 2000    | 2005    | 2010    | 2015    | 평균<br>증가율 |
|----|--------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 서울 | 27,314       | 30,339  | 40,487  | 47,394  | 52,102  | 3.7%      |
| 부산 | 11,450       | 11,840  | 14,931  | 16,977  | 18,369  | 2.7%      |
| 대구 | 8,629        | 9,089   | 11,618  | 13,238  | 14,293  | 2.8%      |
| 인천 | 12,118       | 13,300  | 17,981  | 21,229  | 23,395  | 3.7%      |
| 경기 | 35,250       | 41,654  | 61,969  | 79,153  | 93,585  | 5.6%      |
| 강원 | 8,069        | 8,209   | 9,706   | 10,437  | 10,861  | 1.7%      |
| 충북 | 9,363        | 10,365  | 13,751  | 16,068  | 17,823  | 3.6%      |
| 충남 | 14,461       | 16,281  | 22,368  | 27,064  | 30,947  | 4.3%      |
| 전북 | 8,734        | 9,537   | 12,238  | 13,592  | 14,119  | 2.7%      |
| 전남 | 14,941       | 16,519  | 21,767  | 25,301  | 27,858  | 3.5%      |
| 경북 | 20,361       | 20,989  | 25,341  | 27,444  | 28,357  | 1.9%      |
| 경남 | 28,769       | 31,319  | 41,622  | 48,277  | 52,280  | 3.4%      |
| 제주 | 1,319        | 1,573   | 2,285   | 2,784   | 3,087   | 4.8%      |
| 전국 | 200,783      | 221,019 | 296,069 | 348,965 | 387,082 | 3.7%      |

한편, 지구별 최대부하 예측결과는 표4와 같으며, 예측결과는 향후 경제지표 및 지역개발지표 변화에 따라서 변경될 수 있다.

표 4. 지구별 최대부하 예측결과

|     |         | (단위: MW) |        |        |        |        |        |
|-----|---------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 지역  | 지구      | 2005년    | 2015년  | 지역     | 지구     | 2005년  | 2015년  |
| 서울  | 북부      | 738.0    | 1013.6 | 충남     | 동대전    | 815.6  | 978.5  |
|     | 동부      | 1257.4   | 1595.6 |        | 서대전    | 483.7  | 658.5  |
|     | 중동      | 971.0    | 1127.2 |        | 공주     | 205.4  | 292.1  |
|     | 서부      | 1289.3   | 1772.6 |        | 천안     | 1430.6 | 2131.7 |
|     | 강동      | 912.9    | 1298.3 |        | 서산     | 787.8  | 1190.8 |
|     | 강남      | 1702.8   | 2416.9 |        | 예산     | 139.5  | 116.7  |
|     | 남부      | 1645.3   | 1844.2 |        | 부여     | 266.2  | 389.7  |
| 강서  | 570.8   | 780.3    | 논산     | 170.3  | 225.5  |        |        |
| 소계  | 9087.4  | 11848.7  | 소계     | 4301.2 | 5983.6 |        |        |
| 부산  | 북부산     | 777.7    | 886.4  | 전북     | 군산     | 453.9  | 505.6  |
|     | 중부산     | 727.5    | 974.4  |        | 익산     | 538.5  | 615.8  |
|     | 부산진     | 442.5    | 535.3  |        | 전주     | 741.8  | 912.3  |
|     | 남부산     | 538.5    | 649.8  |        | 무주     | 37.4   | 48.3   |
|     | 동래      | 541.7    | 738.4  |        | 정읍     | 230.5  | 274.6  |
|     | 소계      | 3027.9   | 3784.2 |        | 남원     | 63.8   | 70.4   |
|     | 대구      | 북대구      | 416.1  |        | 461.2  | 소계     | 2065.8 |
| 서대구 |         | 898.8    | 1059.4 | 전남     | 동광주    | 467.7  | 535.5  |
| 동대구 |         | 897.0    | 1250.3 |        | 서광주    | 502.1  | 641.8  |
| 소계  |         | 2211.8   | 2770.9 |        | 영광     | 125.5  | 147.1  |
| 동인천 |         | 1930.5   | 2614.0 |        | 담양     | 93.1   | 123.1  |
| 부평  | 764.5   | 931.7    | 나주     |        | 162.7  | 196.5  |        |
| 서인천 | 771.5   | 992.8    | 목포     | 330.5  | 427.7  |        |        |
| 소계  | 3466.5  | 4538.5   | 해남     | 247.5  | 285.6  |        |        |
| 고양  | 762.0   | 1417.5   | 보성     | 89.9   | 113.0  |        |        |
| 외정부 | 940.5   | 1380.5   | 순천     | 961.8  | 1603.8 |        |        |
| 남양주 | 376.1   | 586.6    | 여수     | 945.5  | 1072.1 |        |        |
| 부천  | 1300.3  | 1866.0   | 소계     | 3926.2 | 5146.1 |        |        |
| 안양  | 863.2   | 1010.3   | 경북     | 상주     | 244.9  | 240.1  |        |
| 안산  | 1797.8  | 2873.0   |        | 울진     | 183.7  | 193.8  |        |
| 성남  | 1078.3  | 1621.9   |        | 안동     | 197.2  | 219.5  |        |
| 수원  | 1339.8  | 1885.4   |        | 김천     | 326.8  | 417.0  |        |
| 평택  | 875.4   | 1034.7   |        | 구미     | 1030.7 | 1068.0 |        |
| 용인  | 836.0   | 1525.8   | 칠곡     | 301.3  | 440.6  |        |        |
| 여주  | 702.1   | 1275.8   | 포항     | 1317.3 | 1519.4 |        |        |
| 소계  | 10871.4 | 16477.5  | 경주     | 384.6  | 421.6  |        |        |
| 춘천  | 171.5   | 212.9    | 경산     | 289.6  | 303.9  |        |        |
| 원주  | 275.8   | 339.7    | 소계     | 4276.1 | 4823.8 |        |        |
| 영월  | 192.7   | 226.7    | 경남     | 거창     | 169.9  | 237.6  |        |
| 속초  | 82.0    | 102.3    |        | 밀양     | 112.1  | 145.6  |        |
| 강릉  | 619.5   | 677.7    |        | 울산     | 2867.1 | 3683.0 |        |
| 삼척  | 189.6   | 190.5    |        | 동울산    | 413.9  | 494.9  |        |
| 소계  | 1531.1  | 1749.7   |        | 양산     | 419.2  | 474.7  |        |
| 충주  | 672.8   | 714.8    | 김해     | 302.9  | 409.4  |        |        |
| 진천  | 526.6   | 730.2    | 창원     | 1470.3 | 1828.9 |        |        |
| 청주  | 998.8   | 1443.5   | 마산     | 649.9  | 860.8  |        |        |
| 영동  | 118.5   | 145.5    | 진주     | 515.6  | 647.4  |        |        |
| 소계  | 2316.7  | 3033.9   | 통영     | 399.3  | 509.9  |        |        |
| 충북  | 소계      | 7310.2   | 9292.3 | 제주     | 소계     | 279.7  | 372.2  |
|     | 제주      | 279.7    | 372.2  |        | 서귀포    | 172.5  | 245.9  |
|     | 소계      | 452.2    | 618.1  |        | 소계     | 452.2  | 618.1  |

### 4. 결 론

본 논문에서는 계통계획에 필수적인 지역별 전력수요 예측모형을 구성하고 예측시산을 제시하였다. 특히, 송변전계획을 포함한 다양한 목적과 범위에 대해 기간별 예측이 가능하도록 새로운 지역별 부하예측모형을 정립하고자 하였다. 또한, 접근방법, 데이터 가용도 등에 따라 사용자가 여러 가지 방법중 선택이 가능하도록 예측모형의 유연성과 활용도를 크게 높였다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] 한국전기연구소, 한국전력공사, "지역별수요 및 부하특성 예측기법 개선에 관한 연구" 1998
- [2] 권영한, 이창호, 조인승, 김창수, "지역별 장기전력수요 예측" '90 대한 전기학회 하계 학술대회, pp 87- 91, 1990
- [3] 한국전력공사, 제4차 장기전력수급계획 (잠정안), 1998
- [4] 電力中央研究所, 全國9地域計量經濟モデル의開發-6, 電力需要볼러, 電力中央研究所報告 : Y88019, 1988.
- [5] EPRI, "Forecasting in an Era of Technological Change: Proceedings of Fifth forecasting Symposium", EA-4031, May 1985