

EGARCH-M 모델을 이용한 소규모 도서지역의 전력수요예측

조인승, 이창호, 채승용
한국전기연구원

Load demand forecasting of remote inhabited small islands using EGARCH-M model

In Seung Jo, Chang Ho Rhee, Seung-Yong Chae
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Load forecasting model used generally such as times series and econometric regression model often doesn't reflect the load characteristics of small remote islands. Therefore, in this paper load demand forecast is performed using EGARCH-M non-linear forecasting model.

소비비중이 각각 43%, 49%로 비교적 높다. 그리고 거문도, 조도, 덕적도는 산업용/기타 전력소비비중이 비교적 높다.

표 2. 소비전력량(MWh) 및 점유율(%) : 1999년

구분	울릉도	흑산도	추자도	거문도	조도	덕적도	위도
주택용	7289 (39.5%)	5685 (76.7%)	2274 (56.9%)	1653 (42.0%)	2119 (57.4%)	927 (27.2%)	730 (35.7%)
일반용	8008 (43.4%)	889 (12.0%)	1277 (32.0%)	984 (25.0%)	256 (6.9%)	1256 (36.8%)	990 (48.5%)
산업용 /기타	3175 (17.2%)	837 (11.3%)	443 (11.1%)	1299 (33.0%)	1319 (35.7%)	1230 (36.0%)	323 (15.8%)
합계	18472	7411	3994	3936	3694	3413	2043

1. 서론

도서지역 전력사업은 현재 진행중인 전력산업 구조개편에 있어 새로운 시장질서에 적합하도록 구조를 개편해야 될 뿐만 아니라, 향후 도서민의 소득 수준 및 생활수준의 개선으로 그 수요가 급증될 것으로 예상되는 전력수요에 대한 적정 발전설비 수준을 유지하기 위한 종합적인 계획의 수립이 절실히 요구되고 있다. 우리나라의 도서지역의 전력수급은 현재까지 내륙의 전력 수급과 분리되어 독립적으로 운영되어 왔으며 별도의 전력수요 예측이나 업무 수행 체계 없이 초단기 위주로 설비계획을 수립하는 등 많은 문제점을 지니고 있다. 아울러 체계적인 수요예측을 위한 도서지역의 경제특성 및 인구사회적인 데이터의 정비가 이루어지고 있지 않아 기존의 계량경제 예측모형에 의한 수요예측에 어려운 점이 많은 실정이다. 본 논문에서는 이러한 현실적인 수급여건 및 문제인식을 바탕으로 도서지역별 특수성을 고려한 전력수요예측모형을 시도하였다.

2. 도서의 전력수요실태

2.1 연간최대부하 추이

도서지역의 최대부하는 2001년에 800kW~5500kW 규모이며 최근 10년간 2배에서 3.5배정도로 증가되었다. 이는 소득수준 향상으로 인한 가전기기 및 냉방기기 증가, 어업 및 농사용 가공설비 증설에 기인하는 것으로 보인다.

2.2 최대부하 발생계정/시간대 추이

도서지역의 최대부하는 계절별로는 7~9월의 하계에 발생하고 있으나 울릉도는 9~10월 추계에 발생하며 추자도는 12월 동계에 최대부하가 발생한다. 이것은 울릉도의 경우 9~10월에 오징어 건조부하가 원인이고, 추자도의 경우는 동계에 조기 건조부하가 원인이다. 그리고 최대부하 발생시간대는 대부분의 도서에서 야간에 집중적으로 발생하고 있는 것이 특징이다. 울릉도의 경우 19~20시의 초저녁에 최대부하가 발생하고 있는 반면에, 그 밖의 도서들은 21~22시 등 한밤중에 최대부하가 발생한다.

2.3 용도별 전력소비 실적

흑산도 및 추자도는 주택용 전력소비비중이 76%, 57%로 타 도서에 비하여 높고 울릉도, 위도는 일반용

2.4 월별 전력소비 패턴

도서지역 전력소비는 8~9월 경에 가장 많은 것으로 나타나고 있다. 그러나 백령도의 경우는 가을철 농사용 부하 사용량 증가로 인해 11월 중의 전력소비가 가장 많이 나타나고 있다.

2.5 일중 최대부하변동 (백령도)

1999년 12월부터 2001년 12월까지의 백령도의 일중 최대부하는 1680kw에서 3312kw까지 변동하는 것으로 조사됨. 중앙값은 2208kw로서 최대값인 3312kw와는 1104kw의 차이가 있다.

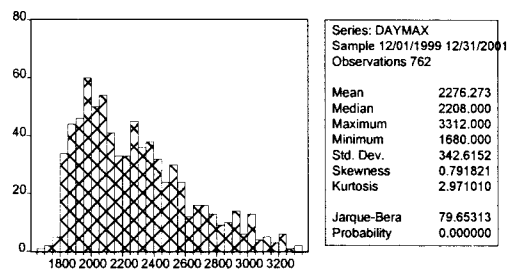
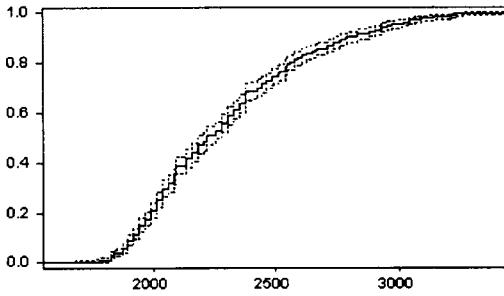


그림 1. 백령도의 일중 최대부하의 변동패턴

3000kW이상의 일중 최대부하가 발생한 일수(日數)도 15일 미만인 것으로 조사됨. 그리고 3312kW의 부하가 걸린 일수는 조사기간 중 2일인 것으로 나타났다. 일중 최대부하의 연간 변동성은 342kW로서 백령도의 3000kW 이상의 최대부하가 문제가 되는 일수(日數)는 매우 적다는 것을 알 수 있다.



주: 점선은 표준 오차임.

그림 2 일중 최대부하의 경험적 누적확률분포

3. 수요예측모형의 구성

3.1 기존수요예측기법의 문제점

전력수요 예측방법은 미시적 접근방법과 거시적 접근방법으로 대별된다. 미시적 접근방법은 전기기기별 보급률, 기기별 원단위 사용량 등을 고려하여 전력수요를 예측하는 방법이다. 다시 말해서 미시적 접근 방법은 전력수요 부문별 기초단위인 각 전기기기에 대한 구체적 사용량을 조사하여 전체 전력수요를 예측하는 방법이다. 그러나 미시적 접근 방법은 전체 전력수요의 부문별 전기기기의 전력 수요에 대한 자료 수집이 어렵다는 문제가 있다. 그리고 거시적 접근 방법은 전력수요의 시계열적 경향이나 경제지표와 전력수요에 대한 상관관계 등을 분석하여 전력수요를 예측하는 방법이다. 즉, 거시적 접근 방법에는 과거의 전력수요의 변화 양상을 분석하여 미래의 전력수요를 예측하는 추세(Times Series)분석방법과 전력수요에 영향을 미치는 외생변수를 이용하여 전력수요함수를 설정하고 외생변수의 미래 예측을 통해서 전력수요를 예측하는 방법이다.

지금까지의 전력수요 예측모형은 대부분 거시적 접근방법을 이용하여 전력수요를 예측하는 것이었다. 그러나 거시적 접근방법 중 추계방식은 단기적 전력수요예측에는 유용하나 전력수요에 영향을 주는 다른 변수의 변화를 반영할 수 없기 때문에 장기 전력수요예측에는 통계적 유의성이 떨어지는 단점이 있다. 그리고 전력수요함수(회귀방정식)를 이용한 전력수요 예측 방법은 전력수요의 외생변수와 전력수요사이의 정확한 상관관계를 파악하기 힘들고 또한 전력수요함수의 설명력을 정확히 검증할 수 없는 한계가 있다. 뿐만 아니라 전력수요함수에 포함되지 않은 비 설명요소가 존재할 위험성이 있다.

기존의 전력수요예측방법의 문제점은 거시적 접근 방식 뿐만 아니라 미시적 방법에서 전력수요 예측의 근간이 되는 변수들의 예측이 점추정(Point Estimation) 방식에 의한 것이기 때문에 극단적인 전력수요를 반영할 수 없는 문제가 있다. 점추정 방식은 모집단을 대표하는 표본의 분포를 확률적으로 분석하여 단일한 값으로 전력수요를 제시하는 방법이다. 점추정 방식은 일정기간 평균적인 전력수요를 예측에는 유의성이 있으나 전력수요의 극단적인 경우인 최대부하에 대비한 발전용량 결정에는 별다른 도움이 못된다.

3.2 EGARCH-M 모형

기존의 회귀분석 모형 및 시계열 분석 모형을 이용한 전력수요예측 기법들은 모두 시계열의 잔차들이 동분산임을 가정하였다. 이것은 잔차항들의 확률 분포가 같다는 가정이며 이러한 가정들은 비정상적인 전력수요를 보이는 전력수요 예측 모형에서는 현실적인 전력수요의 변동의 반영을 정확히 반영하지 못한다. 이와 같이 시간의

흐름에 따라 변동하는 전력수요변동의 이분산을 무시한 채 전력수요를 예측하게 되면 비록 그 추정량은 불편추정량이지만 하지만 추정량의 효율성이 떨어져 가설 검정시 오류를 범하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Engle은 GARCH모형을 제시 하였다. GARCH 모형은 조건부 분산방정식에 과거 잔차항의 표본분산과 과거 조건부 분산을 반영하고 있다. 만약 조건부 분산방정식의 계수들이 양의 값으로 유의하게 나오면 그것은 확률변수의 변동성에 대한 충격이 시간이 경과할 수록 그 영향이 지속되는 것을 의미하며 지속성의 정도는 계수값에 달려 있다. GARCH모형은 다음과 같다.

$$\epsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, h_t)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \epsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j}$$

$$\epsilon_t = y_t - x_t b$$

$$\therefore p > 0, q > 0, \alpha_i > 0, \beta_j > 0$$

선형 GARCH(p,q) 모형이 시계열 정상적이기 위해서는 앞에서 살펴본 ARCH 모형과 마찬가지로 다항방정식의 고유근들이 단위원(Unit Circle) 밖에 있어야 하며 조건부 분산방정식의 계수들의 합이 '1'보다 작아야 한다. 즉 GARCH(p,q)과정의 정상적일 필요조건은

$$\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{j=1}^p \beta_j < 1$$

이며 잔차항의 1차 및 2차 적율은 다음과 같다.

$$E(\epsilon_t) = 0$$

$$E(\epsilon_t^2) = Var(\epsilon_t) = \frac{\alpha_0}{1 - \sum \alpha_i - \sum \beta_j}$$

$$Cov(\epsilon_t, \epsilon_s) = 0$$

선형 GARCH(p,q)모형중 가장 많이 쓰이는 형태가 GARCH(1,1)모형이다.

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}$$

$$\therefore \alpha_0 > 0, \alpha_1 \geq 0, \beta_1 \geq 0$$

이때 $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ 이면 GARCH(1,1)과정은 정상성의 조건을 만족한다. 그리고 GARCH(1,1)모형에 대한 분포를 결정하는 적률(Moment)을 살펴 보면 첨도계수(Coefficient of Kurtosis)의 4차적률을 2차 적률의 자승치로 나눈 것으로 다음과 같다.

$$k = \frac{E(\epsilon_t^4 / E(\epsilon_t^2)^2)}{3} = \frac{3(1 - \alpha_1 + \beta_1)(1 - \alpha_1 + \beta_1)}{(1 - \beta_1^2 - 2\alpha_1\beta_1 - 3\alpha_1^2)} \geq 3$$

따라서 GARCH(1,1)의 분포는 정규 분포보다 두터운 꼬리를 가진 렙토커틱한 분포이며 이는 어떤 기에 이상치가 발생하면 그것은 다음 기에 영향을 미치게 된다. 즉 GARCH 과정의 꼬리가 두텁다는 것은 어떤 시점의 전력수요의 커다란 변동성이 발생하면 다음 시점에도 커다란 변동성이 발생할 가능성이 높다는 것으로 과거의 전력수요의 정보가 반영됨을 의미한다. 본 연구에서는 효율적인 도서지역 전력수요 예측을 위해 EGARCH-M 모형을 이용하였다. EGARCH-M 모형은 최대부하의 분포가 정규분포와 달리 왜도(Skewness)와 첨도(Kurtosis)가 높은(극단적인 값이 많은 경우와 특정 값에 집중된 경우) 경우 최대부하의 과거 오차항(ϵ_t)의

값과 오차항의 분산(σ_t)의 정보를 최대부하 예측에 반영한 모형이다. EGARCH-M모형은 다음과 같은 모형으로 구성된다.

$$Hload_t = \gamma_0 + \gamma_1 TMax_t + \gamma_2 SeasonalDummy_t + \dots$$

$$\dots + \gamma_3 Dummy_t + \gamma_4 \sigma_t + \varepsilon_t$$

$$\log \sigma_t^2 = \omega + \beta_0 \log \sigma_{t-1}^2 + \beta_1 \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \beta_2 \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$$

4. 예측모형의 추정 및 시산

4.1 예측모형 추정

비선형모형(EGARCH-M)의 추정결과 더욱 유의성이 있는 것으로 분석되었다. 그리고 종속변수는 일중 최대 전력수요에 로그를 취한 값으로 설정하였다.

표3. 회귀방정식 예측모형 (백령도)

종속변수		설명변수			
Peak	일중 최대 부하	TMax	일중최고 온도	Dum8FH	8월 전반기 더미변수
		Trend	추세변수	Dum8LH	8월 후반기 더미변수
		Dum9M	9월 더미변수	Speday	1000kw이상 최대부하 발생일

표4. 예측모형 추정결과 (백령도)

변수명	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
SQR(GARCH)	7.419876	1.590650	4.664681	0.0000
C	7.228427	0.107572	67.19590	0.0000
Trend	0.043248	0.027822	1.554417	0.1201
TMAX	0.002298	0.000535	4.297804	0.0000
Dum8FH	0.074478	0.031808	2.341515	0.0192
Dum8LH	0.156073	0.029472	5.295561	0.0000
Dum9M	0.119585	0.019753	6.053977	0.0000
Speday	0.052253	0.020025	2.609424	0.0091

4.2 예측시산결과

상기의 비선형 예측모형을 도서별로 추정한 다음 최대 부하를 구하면 표4와 같다.

표4. 도서별 최대부하 예측시산 (kW)

도서	실적 증가율			2002 잠정	2003	2004	2005	2006	2007	증가율 '03-'07
	(91'- 01')	(91'- 06')	(96'- 01')							
백령도	14.2%	16.4%	12.1%	3336	3840	4137	4470	4837	5235	9.5%
덕적도	13.3%	16.9%	9.7%	1082	1093	1154	1212	1271	1329	4.2%
위도	14.2%	17.8%	20.4%	862	988	1099	1207	1351	1378	9.9%
혹산도	7.2%	11.8%	2.9%	1820	1935	2021	2132	2256	2339	5.2%
조도	5.1%	5.4%	4.8%	1056	1272	1345	1440	1530	1619	9.1%
거문도	7.0%	5.1%	8.9%	1269	1640	1793	1985	2179	2385	13.7%
울릉도	7.7%	9.4%	6.0%	6025	6161	6473	6754	7364	7526	6.4%
추자도	9.7%	10.0%	9.4%	1587	1816	1991	2168	2344	2524	9.8%
전국	8.5%	11.0%	6.0%	4574	4812	5019	5186	5374	5546	3.9%

5. 결 론

현재 전력산업의 급속한 구조개편과정 속에서 효율적인 전력수급을 위해서는 정확한 전력수요의 예측의 중요성이 높아지고 있다. 이러한 상황에서 내륙의 전력수급과 다른 도서지역의 특수한 전력수요특성을 반영할 수 있는 전력수요예측 개발이 시급히 요구되고 있다. 도서지역의 전력수급은 전력수요의 예외적인 상황인 최대부

하의 변동을 통해 발전설비를 운용하는 것이 바람직하다. 그러나 현실적으로 도서지역의 전력수요를 예측하기 위한 기본적인 자료정비가 미흡한 상황에서 보다 효율적인 수급계획을 수립하기 위해서는 보다 다양한 수요예측기법을 활용하여 도서지역의 전력수요를 정확히 예측할 필요가 있다. 본 논문에서 제시된 EGARCH-M 비선형 모형은 비록 여러 가지 측면에서 단점이 있다고 할지라도, 현실적인 예측자료의 부족을 타개하고, 도서지역의 수요특성을 어느 정도 반영할 수 있는 예측기법으로 2~3년간의 단기적인 수요예측 및 도서지역의 수급계획을 위한 보완 예측모형을 충분히 활용할 가치가 있다고 볼 수 있다.

[참고 문헌]

- [1] 한국전기연구원, 지역별 수요 및 부하특성 예측기법 개선에 관한 연구, 1998
- [2] 한국전기연구원, 도서지역 전력수요 예측 및 수급계획 수립 방안 연구, 2002.
- [3] 한국전기연구원, 구조개편 후의 장기 전력수급계획 수립 추진방안 재정립 연구, 2000.3
- [4] 전우실업, 도서위탁운영 실적보고서, 각년도
- [5] 한국전력공사, 소도시 장기전력 수급계획용 자료조사 수요 예측 보고서, 한국전력, 1995
- [6] EPRI, "Approaches to load forecasting proceedings of the third EPRI Load Forecasting Symposium," EA-2471, 1982.
- [7] Huss, William R., "Selecting the Best Load Forecasting Techniques for Electric Utilities", 1985
- [8] Meinke, J.R., "Sensitivity Analysis of Small Area load Forecasting Model" 1979.
- [9] Paul Well Book, "Demand Forecasting in the Electric Utility Industry", 1996.