

## 리비아 전력수요 예측 프로그램 개발

오장만\*, 이봉희\*, 방향권\*  
한국전력공사 중앙교육원\*

### The Development of demand forecasting for Libya

Jang-Man Oh\*, Bong-Hee Lee\*,  
Korea Electric Power Corporation\*,

**Abstract** -2003년부터 석유가격의 급격한 상승으로 인한 리비아 정부의 재정투자 증대 및 경제자유화 조치에 따른 내수증가등으로 2003년 경제성장률이 9.1%2004년도 7.9%,2005년 8.45%의 눈부신 경제성장을 이룩하고 있는 리비아 전력수요를 예측하기 위한 프로그램을 개발하여 리비아 국영전력회사(GECOL) 직원들을 대상으로 수요예측에 관한 교육을 시행하고 향후 리비아 경제발전과 전력소비의 연관성에 대해 고찰하였다. 급증하는 오일달러를 이용한 사회간접 인프라구축에 집중하는 반면에 인접국가들과의 전력 계통연계도 함께 관찰하여 최적의 모델을 찾아 전력수요 예측에 활용할수 있다.

아랍국간의 전력망 확충을 위해 이집트는 1993년 3월 이집트 살룸과 리비아 토부룩을 연결하는 2천5백만볼 규모의 전력공사를 이집트 전력회사가 시작할 것이라고 발표하였다. 리비아 전력공사(GECOL)는 2010년까지 5천MW의 발전능력을 추가로 확보하기 위해 총 60억볼 규모의 투자계획을 확정하여 프로젝트를 추진 중에 있다.

#### 2.2 리비아 발전소 프로젝트

〈표 3〉 리비아 발전소 건설현황

공사명	발전량(MW)	공사금액(추정)	수주(경쟁) 업체
West Mountain	660	3억불	Enelpower(이)
Gulf steam	1,400	10억불	Alstom(프), Enelpower 등
Tripoli 동부	1,500	12억불	상동
Benghazi 북부	300	2.8억불	대우건설
Tripoli 서부확장	650	5.8억불	Techno(러)
Misurata	750	4.5억불	-
Zawiya	330	3억불	현대건설

## 1. 서 론

북아프리카 중앙부에 위치한 리비아는 북쪽으로는 1,80km에 달하는 해안선이 지중해에 면해 있고 동쪽으로는 이집트,남동쪽으로는 수단, 남쪽으로는 차드 및 니제르, 서쪽으로는 알제리 및 튀지니와 인접해 있다. 면적은 1,775,500평방 km로 한반도의 약 8배이며 아프리카 대륙에서는 4번째로 넓은 면적을 가졌으며, 2003년부터 석유가격의 급격한 상승을 통한 재정지출 확대, 경제자유화 조치에 따른 내수증가등으로 2003년도 9.1%,2004년도 7.9%, 2005년도 8.4%의 높은 경제 성장률을 이룩하고 있는 리비아에 한국전력공사 리비아 국영전력회사 GECOL과의 기술협력의 일환으로 추진중인 송배전망 및 전력통신망 개선 자문사업 계약을 체결하고 수행중인 전력수요예측에 관한 프로그램을 개발하여 효율적인 전력수요예측과 장기전원개발에 관하여 기술교차 한다..

## 2. 본 론

### 2.1 리비아 송변전설비 현황 및 전력수요

#### 2.1.1 송변전설비 현황

〈표 1〉 리비아 송변전설비 현황

전압[kV]	송전선로 공장[km]	변전소 수	용량[MVA]	비고
220	12,225	62	11,080	
66	21,000	166	3,199	
30		281	7,880	

#### 2.1.2 부하실적 [03년 기준]

리비아의 최대사용전력은 3,341MW(우리나 6%)에 해당하며 발전용량은 4,700MW이며 1인당 전력소비량은 2,798kWh이다.

#### 2.1.3 장기부하예측

〈표 2〉 장기부하예측

년도	2009	2010	2015	2020
용량 [MVA]	5200	5800	7500	8900

#### 2.1.4 리비아 전력현황

리비아의 전력생산은 70년 650GhW에서 199년 말 14,386GhW수준으로 증대되었으며, 2006년 현재 전력소비량은 약 12TWh 수준이나 발전소 시설 낙후와 보수·유지의 미비로 전력발전량은 지속적으로 감소하여 2005년에는 전력소비량 대비 9~10% 부족한 전력을 공급하고 있는 실정이다. 기존 발전소는 대부분 기름을 연료로 하고 있으며, 흠스(Khums)와 같이 가스로 전환된 곳도 있다.

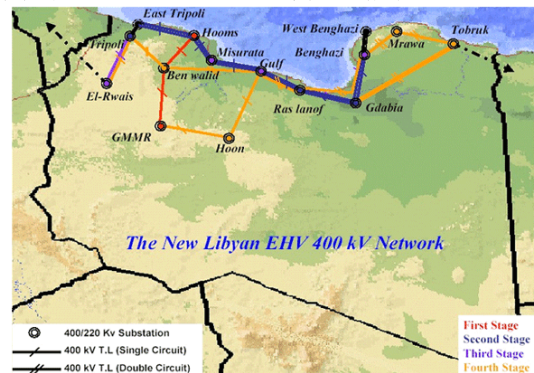
리비아 전력망은 리비아 재원으로 튀지니와 연결 작업을 하고 있으며,

#### 2.3 리비아 전력망 프로젝트

동서(East~West)간 송전망 프로젝트에 투자규모 약 10억불을 투자하여 400 kv 송전망 개보수 및 신규 설치를 위해 리비아 서부 Tripoli와 동부 Tobruk간을 연결하는 1,500km, 5억불규모의 400kv 송전망 공사 추진중(프랑스의 EdF와 Alstom,이태리의 Enel과 Ansaldo가 입찰 참여 중이며, 송·배전망 프로젝트에도 투자규모 약 10억불을 투자하여 송전망

220kV 신규 송전선로 10개와 송전선로 1,000 km 설치 및 기존 송전선로 1,000 km 개보수를 시행할 예정이다. 또한 트리폴리와 멩가지에 송전선로 60 km 설치할 예정으로 있다.

하부 송전선로도 신규 송전선로 150개와 지중케이블 2,000km를 설치할 예정이며 배전선로도 신규로 건설할 예정으로 있다.



〈그림 1〉 리비아 400kV 전력망 계획

#### 2.4 전력수요예측

##### 2.4.1 예측방법

단기예측모형과 장기예측모형을 별도로구축하여 두 예측치를 통합하여 연계시킨다.

최근의 전력수요 추세를 보다 정밀하게 반영하기 위해 우선 단기예측을 수행하고 중,장기적인 잠재 경제성장 규모에 따라 장기예측을 시행한다.



〈그림 2〉 리비아 인근국가 연계계획

또한 미래 불확실성에 대비한 시나리오를 예측하여 “초과확률수준”이론을 적용하고 주요 예측을 전제하여 변화에 따른 시나리오를 구성한다.

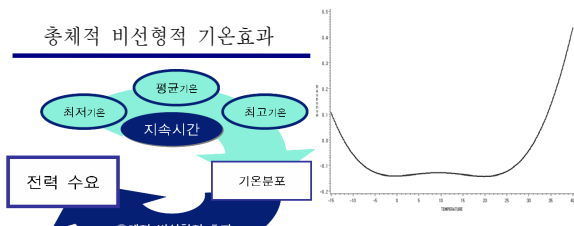
2.4.1 예측모형

먼저 단기예측모형으로는 판매량 예측과 최대전력예측을 들 수 있다. 판매량 예측의 모형이론은 시간변동계수를 갖는 공적분 및 오차수정모형이론을 활용하여 기상,경제성장,전력가격을 주요 변수로 설명할 수 있다. 최대전력예측 모형이론은 시간변동계수를 갖는 공적분 및 오차수정모형이론을 활용하여 기상, 총판매량을 주요 변수로 설명할 수 있다. 예측이론중 먼저 기온효과는 기온분포와 전력수요의 기온에 대한 반응도가 결합된 기온효과가 전력수요를 설명해 주는 주요 변수로 이용된다.

$$\int g(s)f_t(s)ds \text{ ----- [식1]}$$

g: 기온반응함수, f<sub>t</sub>: 기온분포 함수

- 최고기온, 평균기온, 최저기온 및 기온의 지속시간을 반영하는 총체적 비선형적 기온효과를 반영, 불확실성에 탄력적 대응한다.



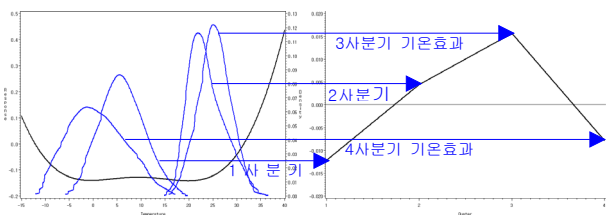
〈그림 3〉 기온효과

다음은 공적분모형에 관한 것으로 Cointegrating Regression(CR) Model

$$\ln(\text{Power}) = \alpha + \beta_t \ln(\text{GDP}) + \epsilon_t \text{ ----- [식 2]}$$

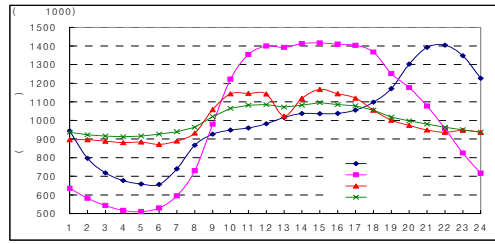
Power : 전망변수, GDP : 설명변수, β<sub>t</sub> : 시간변동계수

- 공적분모형을 이용, 장기균형값 산출
- 전망변수와 설명변수간의 공적분관계를 이용한 회귀식



〈그림 4〉 공적분관계

장기예측모형은 부문별 다중회귀분석모형을 사용하여 전력소비량을 예측한다.가전기기 보급률,기타 사회적 인프라 건설계획, 수도사용계획등의 미시자료를 반영하여 결과물을 산출한다. 예측된 부문별 연간 전력소비량을 주기별 계수를 이용하여 최대전력 발생을 예정일 시간별 부하를 배분하는 방식을 활용한다.



〈그림 5〉 피크일 상대부하계수

2.5 리비아 전력수요 예측

2.5.1 모델링

전력수요예측에는 두가지 주요 방법이 있다. Time series method와 End use method를 활용하여 모델링을 하였다. 각각의 방법은 장,단점이 있는데 Time series method는 error rate을 감시할 수 있고 쉽게 수정이 가능하지만 충분한 과거 데이터를 필요로 하며 반면에 데이터의 취급이 어렵다. 그와는 상반되게 End use method방법은 과거 데이터를 필요로 하지 않으며, 쉽게 확장이 가능하지만 반면에 많은 가정을 필요로 하고 그 결과는 분석된 데이터에 의존하게 된다.

Time series method는 ARIAM Model과 Cointegration Model에 관하여 살펴보기로 한다.

ARIAM Model은 세가지 타입의 파라미터를 포함하고 있다. P(the autoregressive parameters), d(the number of differencing passes), q(the moving average parameters)

ARIAM Model의 일반적인 식은 아래와 같이 표현된다.

$$Z_t - MA1*Z_{t-1} - MA2*Z_{t-2} - \dots - MAq*Z_{t-q} = C + at - AR1*at-1 - AR2*at-2 - \dots - ARp*at-p \text{ ----- [식3]}$$

다음은 End-Use Method는 다양한 기기와 시스템의 에너지 사용패턴에 관한 영향을 파악하여 접근하는 방법이다. 주거,상업,공업,농업secter의 경제활동에 따르는 다양한 전력수요에 초점을 맞추고 있다. 예를 들면 주거secter의 전력사용은 요리, 에어컨,냉장고,조명등이며 농업에 있어서는 관개수로에 물을 끌어올리는 부분이 해당된다.

2.5.2 입력데이터 설정

먼저 Time series method는 ①Peak Load ②Real GDP③Population④Temperature⑤Other data이며 End Use Method는① Generation ② Losses ③ Consumption로 설정하여 계산한다.

3. 결 론

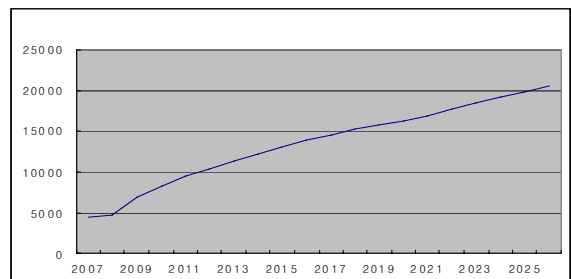
3.1 The Best Time Series Model

〈표 4〉 Best Time Series

구 분	AR (3)	MA (3)	ARMA (3,3)	ARIMA (3,12,3)
R <sup>2</sup>	92.6	92.53	94.59	93.70
Standard Error	185.9	187.78	159.58	166.34
Schwarz Criterion	13.43	13.45	13.16	13.28
Parameters	3	3	3	3

3.2 End-Use Model

그림5 부하예측 결과



〔참 고 문 헌〕

- [1] 전력거래소 전력수요 방법 및 절차 2006
- [2] 한국전력공사 해외 전력사업 2002