

캄보디아 전력산업의 현황 소개 및 장기전원개발계획 수립

김 욱, 박 청식, 최 준규, 김 우곤, 최 병기
한국남부발전

Introduction to Cambodia power system and its long term generation expansion planning

Wook Kim, Chang Sik Park, Jun Kyu Choi, Woo Gon Kim, Byung Ki Choi
Korea Southern Power Corporation

Abstract - 이 논문은 캄보디아 전력산업의 현황과 캄보디아 정부를 대상으로 진행되고 있는 장기전원개발계획 수립 자문용역의 주요 결과를 소개한다. 현재 캄보디아는 수도인 Phnom Penh 지역에만 일부 계통망이 구축되어 있을 뿐 전국적인 계통망이 구축되어 있지 않아 매우 제한적인 전력 사용이 이루어지고 있다. 하지만, 향후 2012년까지 전국 주요 지역을 연결하는 송전계통망의 구축이 완료되고, 인근국가인 태국, 베트남, 라오스와의 계통망 연계, 대용량 수력발전설비의 건설이 완료되면 규모의 경제가 확보되어 전력 사용에 대한 환경이 크게 개선될 것으로 예상된다. 이러한 전원개발계획을 위하여 WASP전산모형을 사용하여 구한 결과를 제시한다. 캄보디아 계통망에 연결된 전체 설비용량은 '05년말 220MW에서 '24년 2,090MW로 연평균 15%씩 증가할 것으로 예상된다.

1. 서 론

이 논문은 2005년 9월부터 진행중인 "캄보디아 전력망 마스터 플랜수립" 용역의 일부로 진행된 캄보디아 전력산업의 현황 분석과 장기전원개발계획 수립의 결과를 소개하기 위한 것이다. 본 용역과제는 세계은행(World Bank)의 지원으로 캄보디아 산업광산에너지부(Ministry of Industry, Mining and Energy)에 주관으로 진행 중이다.

캄보디아는 총인구가 1,350만명이고 국토의 넓이는 약 181,040km²로 우리나라 남북한의 면적을 합친 정도이다. '70년대와 '80년대에 발생한 두차례의 내전으로 국내의 대부분의 산업은 황폐화 되었으며, 최근에 외국자본의 도움과 관광산업을 바탕으로 서서히 회복을 하고 있는 상황이다. 그럼에도 불구하고 1인당 GDP는 350불 수준에 머무르고 있으며, 특히 에너지 분야에 있어서는 전기가 제대로 공급되지 않아 대부분의 국민들이 나무 장작과 자동차 배터리를 사용하여 필요한 에너지를 얻고 있는 실정이다. 현재 전체 인구의 약 15% 정도에게만 전력이 공급되고 있으며, 연간 1인당 전기사용량은 극히 낮아서 약 45kWh 정도이다. 그나마도 대부분의 전력생산을 수입유류를 사용하는 디젤발전기에 의존하고 있어 세계에서 가장 비싼 수준의 전기요금(가정용의 경우 약 150원/kWh 내외)을 유지하고 있다.

캄보디아 정부는 인근 국가인 태국, 베트남, 중국과의 계통연계를 통하여 우선 필요한 전력을 수입하는 동시에, 해외 자본유치를 통하여 대형 수력발전 설비의 건설을 추진하고 있다. 또한 국가 기간 송전망과 지역 배전망의 구축 사업, 태양광 및 소수력 발전설비등의 건설을 통한 지역발전사업 등의 추진으로 2030년까지 전화율(電化率)을 70%까지 향상시킨다는 목표를 추진 중이다.

본 논문에서는 이러한 캄보디아 정부의 목표 수립을 위하여 구체적인 전원개발계획을 수립한 결과를 제시한다. 우선 2장에서 현재 캄보디아 전력산업의 현황에 대하여 간략하게 소개하고, 3장에서는 구체적인 장기전원개발계획 수립 방법과 그 결과를 제시한다. 4장에서는 향후 추가적으로 필요한 연구 목표에 대하여 정리한다.

2. 캄보디아 전력산업의 현황

현재 캄보디아는 1996년 설립된 공영전력회사인 EDC(Electricite du Cambodge)가 수도인 Phnom Penh을 비롯한 6개 도시에 대한 전력공급을 책임지고 있으며, 그 이외 지역은 민간발전사업자들이 소규모 단위로 자체 배전망을 통하여 전력을 공급하고 있다. 2004년말 현재 EDC가 소유하고 있거나 EDC의 계통망에 연결되어 있는 IPP가 소유하고 있는 발전설비의 총 용량은 약 162MW이며, 이들 발전설비로부터 생산되는 연간 발전량은 약 746.2GWh이다. 최대 수요는 약 136.6MW 정도이다. 대부분의 전력설비와 수요는 수도인 Phnom Penh에 집중(전체 설비의 약 80%가 Phnom Penh지역에 위치)되어 있으며, Phnom Penh을 제외하면 아직 제대로된 전력망이 전무한 상태이다. 턱없이 부족한 설비용량으로 인하여 잦은 정전과 부하차단이 발생하고 있으며, 교차보조로 인하여 상업용 및 산업용 전기요금이 높아, 대부분의 산업시설과 호텔 등의 상업시설들은 별도의 자가발전기를 통하여 필요한 전력을 자급하고 있다. 이러한 양질의 수요들이 대부분 자가발전에 의존하고 있어 EDC의 경우는 낮은 부하율과 높은 손실율로 수익구조가 더욱 악화되고 있는 상황이다. 용도별 구성비는 <표 1>에 나타낸다.

<표 1> 용도별 판매전력량(2004년 기준)

구분	사용량(GWh)	구성비(%)
가정용	288.6	45.0
상업용	140.8	21.9
산업용	101.4	15.8
외국인거주용	38.6	6.0
정부	68.5	10.7
기타	3.6	0.6
계	641.5	100

발전설비용량의 대부분은 경유와 중유를 사용하는 디젤발전기로 이루어져 있으며, 기타 중유를 사용하는 기력발전기와 수력 설비, 그리고 베트남으로부터 배전망을 통하여 수입되는 용량이 일부분을 차지하고 있다. 현재 캄보디아의 발전원별 구성은 <표 2>과 같다. <표 1>의 사용량과 <표 2>의 발전량을 비교하면 상당히 많은 차이가 있는데 이는 배전손실률이 약 13.2%로 매우 높은 상태이기 때문에 발생하는 차이이다. 과거 배전손실률이 약 30%에 육박할 정도였으나, 최근 계량기의 정비 등으로 상당히 향상된 결과이다.

<표 2> 발전원별 설비용량 및 발전량(2004년말 기준)

발전원별	설비용량		발전량	
	MW	구성비(%)	GWh	구성비(%)
경유 디젤	49.8	30.7	377.9	49.7
중유 디젤	78.2	48.3	268.3	35.3
중유 기력	15.0	9.3	73.0	9.6
수력	11.0	6.8	27.0	3.6
전력수입	8.0	4.9	13.5	1.8
계	162.0	100	759.7	100

현재 대부분의 발전을 발전단가가 비싼 디젤발전기에 의존하고 있으며, 또한 이 발전기들이 사용하는 경유나 중유 역시 전량 수입에 의존하고 있어 발전단가가 매우 높은 편이다. 특히, 수입 유류에는 약 16.5% 수준의 판매세가 부과되고 있어 캄보디아의 전력가격은 ASEAN 국가 중에 가장 높은 수준을 유지하고 있다. 또한 상업용과 산업용으로부터 주거용을 교차보조하고 있어 상업용과 산업용은 더욱 높은 가격을 유지하고 있다. EDC에 의한 전기 판매가격은 <표 3>에 나타낸다.

<표 3> Phnom Penh 지역 전기 요금

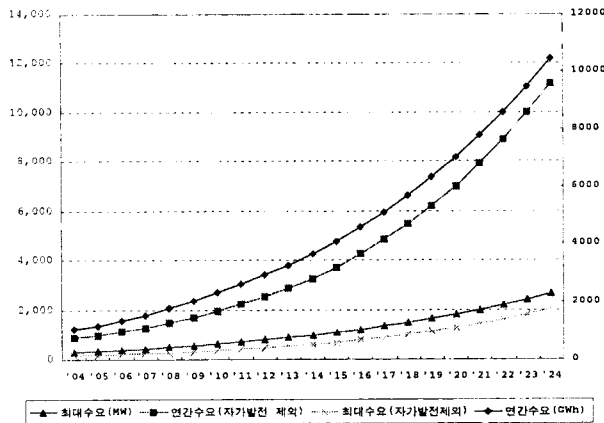
구분	용량구분	판매가격(Cents/kWh)
가정용	0-50kWh	8.75
	51-100kWh	13.75
	>100kWh	16.25
산업용	20GWh이하	15.0
	20GWh이상	13.75
	50GWh이상	12.5
	80GWh이상	12.0
산업용	20GWh이하	16.25
	20GWh이상	15.0
	50GWh이상	12.5
	80GWh이상	12.0

3. 장기전원개발계획의 수립

3.1 전기수요예측

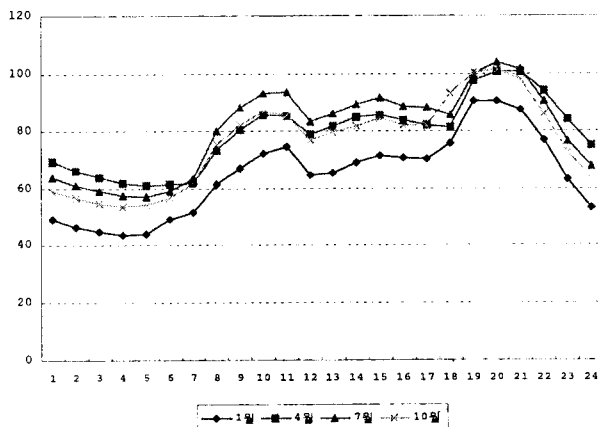
캄보디아는 아직 전국적인 계통망이 구축되지 않았으며, 국민소득 수준에 비하여 전기요금이 지나치게 비싼 수준이고 제대로된 송배전망이 구축되고 있지 않아 전력수요가 과도하게 억제되고 있는 상

황이다. 만약, 인근국가와의 연계, 대형 수력발전 설비의 건설 등을 통하여 전력공급가격이 하락하고, 전국적인 계통망의 구축으로 규모의 경제가 확보된다면 캄보디아의 수요는 언제든지 급등할 수 있는 가능성이 있다. 앞서서도 언급한 바와 같이 현재 캄보디아는 수도인 Phnom Penh 지역에서만 원활한 전력공급이 이루어지고 있기 때문에 단순한 과거의 추이만으로 미래 전력수요를 예측할 수 없는 상황이다. 따라서 이러한 상황에서 가장 일반적으로 사용되는 수요예측 기법 중의 하나인 End-Use Model 기법[1]을 사용하여 전력수요를 예측하였으며, 그 결과를 <그림 1>에 나타낸다.



<그림 1> End-Use기법을 사용한 캄보디아 전력수요예측 결과

또한, 장기전원개발계획의 수립을 위하여서는 계획기간 각 연도별 부하지속곡선이 필요한데, 현재 유일하게 시간대별 수요데이터가 측정되고 있는 Phnom Penh 지역의 일간발전량 데이터를 기본으로 전국 수요패턴을 추정하였다. 참고로 2004년도 Phnom Penh 지역의 일간수요패턴[2]을 <그림 2>에 나타낸다. 이 일간수요패턴으로부터 부하지속곡선을 생성하고, 또한 Neutral Bias 알고리즘[3]을 이용하여 계획기간 중의 각 연도에 대한 부하지속곡선을 생성하였다.

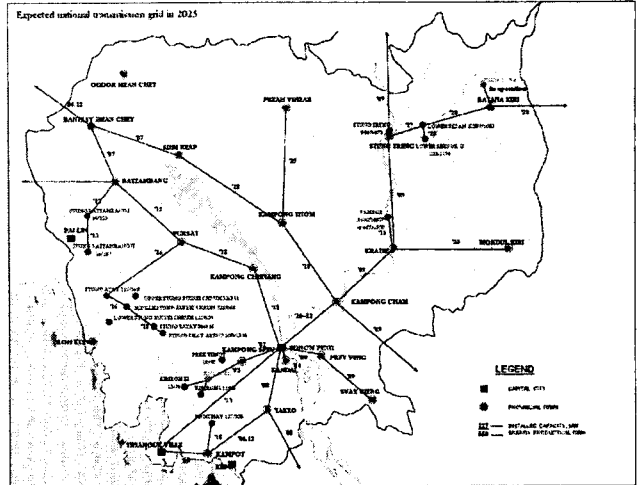


<그림 2> Phnom Penh 지역의 일간부하패턴

3.2 장기전원개발 계획의 수립

캄보디아의 전력계통은 전국적으로 크게 남부 해안지방을 포함하는 수도 Phnom Penh 지역, 앙코르와트가 위치하고 있고 태국과 인접하고 있는 서북부 지역, 라오스 및 베트남과 인접하고 있는 동북부 지역의 3개 지역으로 구분할 수 있다. 현재 이 지역들을 상호 연결하는 계통망은 전무한 상태이다. 다만, 지금까지 캄보디아 정부에서 수립하고 있는 에너지 장기 전략을 요약하면 <그림 3>과 같이 계통망이 확보될 것으로 기대된다.

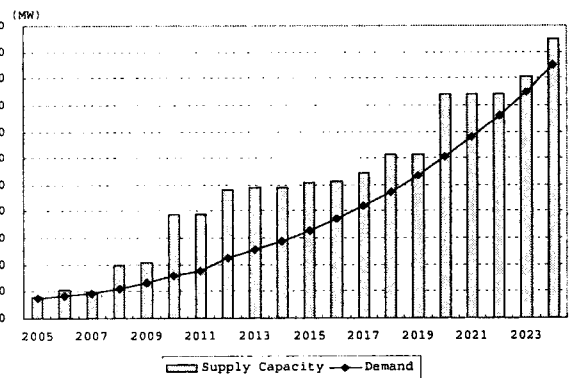
또한 현재 캄보디아의 국영전력회사인 EDC사가 운영하고 있는 발전설비 및 EDC사에 전력을 판매하는 민간발전사업자의 발전설비는 총 설비용량이 약 224MW인 것으로 알려져 있으나, 설비의 노후 등으로 출력저하가 발생한 발전기 등을 포함하면 총 설비용량은 약 199MW인 것으로 판단된다. 그리고 현재 건설이 진행중이거나 건설 투자계획이 완료되어 빠른 시일내에 착공이 될 설비용량은 총 290MW로 이 중에는 중유디젤발전기가 70MW, 베트남과의 200MW 연계선, 태국과의 20MW 연계선이 포함되어 있다.



<그림 3> 캄보디아 전국계통망 건설계획

캄보디아의 장기전원개발계획의 수립을 위하여 WASP 전산모형을 사용하였다[3]. WASP 전산모형은 LOADSY(수요), FIXSYS(기본 및 확정설비), VARSYS(설비투자후보), CONGEN(가능설비조합), MERSIM(비용계산), DYNPRO(최적화)의 6개 모듈로 구성되는 최적비용 전산모형으로, 우리나라의 장기전원개발계획에도 널리 사용되고 있는 모형이다. 현재 건설중이거나 투자계획수립이 완료되어 빠른 시일내에 착공될 설비, 그리고 캄보디아 정부 및 EDC사가 중점적으로 추진하고 있는 대형수력발전소에 대해서는 확정설비로 분류하여 FIXSYS모듈에서 다루었으며, 후보설비로는 디젤발전기, CCGT, 석탄화력을 위주로 구성하였다.

최종적인 캄보디아의 장기전원개발계획의 결과를 <그림 4>에 나타낸다. 캄보디아 계통망에 연결된 전체 설비용량은 '05년말 220MW에서 '24년 2,090MW로 연평균 15%씩 증가할 것으로 예상된다. 특히, '06년말 태국과의 연계(20MW), '08년 베트남과의 연계(200MW), '10년 193MW급의 수력발전소의 건설이 예상되며, '12년에는 국가 전체가 하나의 계통망으로 연결되는 본격적인 국가 계통망 시대가 시작될 것으로 판단된다.



<그림 4> 캄보디아 장기전원개발계획 결과

3. 결 론

본 논문에서는 캄보디아 정부를 대상으로 진행한 장기전원개발계획 자문 용역의 주요 결과를 제시하였다. 수요예측 기법으로는 End-Use 기법을 사용하였으며, 장기전원개발계획을 위하여 사용한 전산모형은 WASP전산모형을 사용하였다. 결과적으로 캄보디아는 2012년부터 전국을 연결하는 계통망을 구축하여 본격적으로 전력산업이 발전할 수 있는 기틀을 마련할 수 있을 것으로 판단된다.

[참고 문헌]

- [1] Power transmission master plan & rural electrification strategy, HEC EC Australia Pty., 1997
- [2] Cambodia energy sector strategy review, World Bank, 2005
- [3] WASP 운용안내서, 한국전력공사 전원계획처, 1995