

미얀마 장기 계통계획 수립 결과 및 전망

허 연, 김종화, 한경남, 최영성*
한국전력공사

Master Plan for Long-term Transmission System in Myanmar

Y.Hur, J.H.Kim, K.N.Han, Y.S.Choi*
Korea Electric Power Corporation

Abstract - KEPCO is now conducting a project called the "Feasibility Study & Basic Designs for the 500kV Transmission System in Myanmar" as its second overseas project following the "Development Study on the Power System Network Analysis in Myanmar" performed from 2001 to 2002. As a part of this project, this paper deals with the analysis process and results of the demand forecasts, master plan for transmission system expansion, and the major factors for the new 500kV transmission facilities.

자원을 보유하고 있으면서도 버마식 사회주의의 실패에 따른 낙후된 경제로 인하여 극심한 빈곤국가로 전락하였다. 발전설비는 한국의 50분의 1 수준인 100만kW 정도에 지나지 않은 반면, 전력수요는 지난 10년 동안 두 배이상 증가하여 현재 전력설비의 부족 및 불안정으로 국민들의 일상생활은 물론 산업설비 운용에도 많은 어려움을 겪고 있다. 이에 따라 미얀마 정부는 과거 한국의 경제개발계획을 본 딴 30년 장기 경제개발계획을 수립하여 추진 중에 있으며 전력설비 확충을 그중 최우선 사업으로 시행하고 있다. 미얀마 전력계통에 관하여 살펴보면 계통과 연결된 송전망 시스템과 아직 계통에 연결되지 않은 소규모 수력, 디젤발전으로 구성된 독립계통 시스템으로 구분되며, 송전망 시스템의 경우 미얀마 중부지역을 중심으로 인구밀집지역에 전력을 공급하고 있고 독립계통시스템의 경우 미얀마 북부, 북서부, 남부지역에 전력을 공급하고 있다.

1. 서 론

한국전력공사는 2001년 10월부터 2002년 10월까지 수행한 송변전분야 최초의 해외사업인 "미얀마 전력망 진단사업"사업에서 미얀마 북부지역의 발전력을 남부지역의 수요지까지 안정적으로 공급하기 위하여 500kV 송전전압 격상을 권고하였고, 권고안을 받아들인 미얀마 정부의 공식 요청에 의하여 후속사업으로 "미얀마 500kV 송전전압격상 타당성조사 및 기본설계사업"을 2004년 1월부터 2005년 12월까지 수행하고 있다.

한국전력공사는 본 사업 역무의 일환으로 2005년 1월 미얀마 장기계통에 대한 마스터플랜을 수립하여 미얀마 측에 제시하였는데, 본 논문에서는 그 과정과 결과를 논하였다. 주요내용으로는 미얀마 각 지역별 수요예측, 2030년까지 장기계통계획 검토 및 수립결과, 송전선로 최대고장전류 및 변압기 용량 등 500kV 송변전설비 적정규모를 포함하고 있다. 본 연구 결과는 향후 미얀마 장기 계통의 근간이 될 예정이며 500kV 송변전 기자재 정격 선정 및 기본설계의 기초자료로 활용될 예정이다.

2. 본 론

2.1 사업의 개요

"미얀마 500kV 송전전압격상 타당성조사 및 기본설계사업"은 500kV 송전망을 포함한 장기계통계획 수립 및 500kV 송변전설비의 기본설계 성과를 미얀마정부에 제공함을 그 목적으로 하며, 본 논문에서는 선행역무로서 2004년말 완료한 장기 계통계획 부문에 대하여 수행한 아래 역무에 대하여 기술하였다.

- 1) 수요예측
- 2) 계통고장계산 및 안정도 검토
- 3) 미얀마 장기 계통계획 검토 및 수립
- 4) 초기 500kV 송변전설비 적정규모 제시

2.2 미얀마 전력산업 개황

미얀마 인구는 5천만명에 이르며 국토면적은 68만km²로 남한의 약7배에 달한다. 원유, 천연가스 등 풍부한 천연

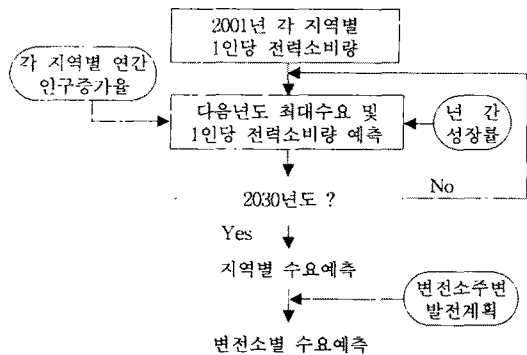
2.3 수요예측

계통계획을 검토하기 위해서는 각 지역별 향후 수요예측이 필수적이며 지역별 수요예측은 미얀마 전력부에서 제공한 경제성장 시나리오를 기준(High Growth, Base Growth, Low Growth)으로 검토하였다.

수요예측을 하기 위하여 우선 미얀마 전체수요를 각 지역별로 구분한 후 평균수명, 인구증가추세, 가구당 평균수입 및 지출, 산업화 정도, 전력소비 추세 등을 고려하여 년도별 지역수요를 산출한 다음, 다시 각 지역에 위치한 각각의 변전소로 배분하여 각 변전소의 용량과 규모, 변전소 주변의 기존 및 계획된 대용량 수용가, 과거 전력공급기록 및 기타 필요요인 등을 반영하였다.

다음 그림은 수요예측업무에 대한 개략적인 흐름을 나타낸다.

그림1. 수요예측 업무흐름도



2.3.1 년도별/지역별 수요예측

미얀마는 7개의 State와 7개의 Division으로 구성되어 있으며, 지역별 수요예측을 검토하기 위하여 향후 수요예측에 필요한 과년도 변전소별 모선 부하의 최대값을 확인하여 1인당 최대수요를 예측하였다. 변전소의 모선 부하가 조사되지 못한 지역은 인구 및 소비경제수준과 변전소 변압기 용량을 기준으로 수요를 예측하였고, 현재 Grid 전력이 공급되지 않는 지역의 잠재수요는 경제 여건이 유사한 지역의 1인당 수요를 이들 지역에 적용하여 대기 수요를 계산하였으며, 예측된 지역별 인구수를 예측된 1인당 전력수요에 곱하여 지역별 수요로 계산하였다.

또한, 미얀마의 년도별 최대수요 예측값은 미얀마 전력부(MOEP)의 예측값(Base Case Scenario)를 적용하여, 1997~2001년에 조사된 급전지령실의 자료와 변전소별 공급 부하자료를 활용 지역별 수요예측의 초기시점을 2001년부터 계산하였다.

표1. 각 State 및 Division 최대수요

지역	수요 (MW)					
	'08	'11	'16	'21	'26	'30
Kachin St.	21	27	43	68	107	147
Kayah St.	15	19	31	49	77	105
Kayin St.	23	30	48	76	120	163
Chin St.	10	13	20	32	51	69
Sagaing Div.	54	69	110	173	274	373
Tanintharyi Div.	56	70	113	176	279	379
Bago Div.	199	254	410	644	1017	1385
Magway Div.	155	198	319	502	794	1080
Mandalay Div.	217	278	448	704	1113	1514
Mon St.	89	114	184	288	456	620
Rakhine St.	78	99	160	251	398	541
Yangon St.	697	910	1471	2259	3570	4858
Shan St.	47	61	98	154	243	330
Ayeyardwady Div.	103	132	213	333	528	717
Total	1,599	2,078	3,508	5,709	9,027	12,281

2.3.2 년도별/변전소별 수요예측

수요예측의 최종 목적은 장기적인 관점에서의 계통을 검토할 수 있도록 년도별 각 변전소의 수요를 산정하기 위함이다. 각 변전소의 수요를 예측하기 위하여 년도별/지역별 수요예측에 적용된 조건 및 변전소 모선별 동시 최대수요 예측 기준을 반영하여 아래 사항을 고려하여 각 변전소별로 수요를 배분 하였다.

- 1) 기존 변전소 및 계획 변전소의 용량과 규모는 변전소 주변의 기대 수요를 충족해야 하며 각 변전소는 수요 중심에 위치한다.
- 2) 지역별 수요예측 결과는 과거 부하공급량과 규모를 고려하여 각 State와 Division에 위치한 변전소별로 배분한다.
- 3) 부하배분 용량이 변전소의 변압기 용량을 초과할 경우, 부하 일부는 상위전압 모선에 할당되거나 인근 변전소로 배분된다.
- 3) 계획되지 않은 산업공단 지역에 대한 추가 부하배분은 고려하지 않는다.
- 4) 수력 발전소는 부하 중심으로부터 상당거리 떨어져 있으므로 소내용 부하와 같은 최소부하만 할당된다.

2.4 미얀마 장기 계통계획 수립

년도별/변전소별 수요예측 결과를 기준으로 장기 계통계획 수립을 위하여 검토년도, 부하수준, 발전기 운전조건 및 계통계획 기준 등의 계통검토 조건을 설정한 후, 계통해석 프로그램인 PSS/E를 활용하여 년도별, Case 별 Simulation을 수행하여 고장전류, 전력조류 및 모선 전압 등의 결과를 비교 분석하였으며, 계통계획 검토 조건 설정시 적용한 계통검토 기준은 아래와 같다.

1) 500kV 송전선로의 역할

- 대단위 발전단지와 부하중심지의 연결
- 부하중심지간의 연결

2) 상정고장(Contingency) : N-1

- 500kV 또는 230kV 송전선로의 1회선 고장 고려
- 주변압기 1Bank 고장 고려
- Radial 계통은 상정고장 제외

3) 전력조류

- 정상상태
 - 조류계산은 반드시 수행할 것
 - 과부하(송전선로 및 변압기) 개소 발생치 않을 것
 - 전압은 적정 범위내에 있을 것
- 상정고장 발생시
 - 조류계산은 반드시 수행할 것
 - 송전선로 및 변압기의 과도한 과부하는 없을 것
 - 과도한 전압강하가 없을 것

4) 적정 전압범위(정상상태, 상정고장)

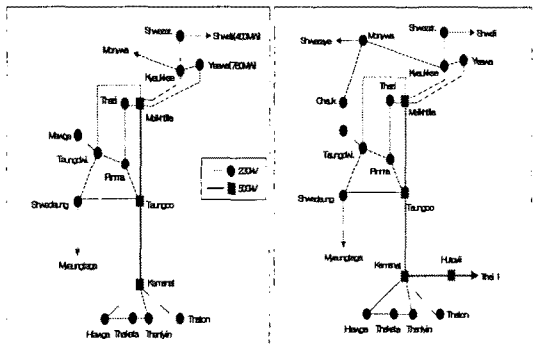
- 500kV : 1.05~1.02 P.U, 1.05~0.90 P.U
- 230kV : 1.05~1.00 P.U, 1.05~0.90 P.U

상기와 같은 과정 및 조건에 의하여 2008년, 2011년, 2016년, 2021년, 2026년 및 2030년 계통을 대상으로 초고압 계통구성 계획을 수립하였다. 수립된 계통 계획 중 초기 및 최종년도의 송전망 구성의 주요내용을 살펴보면 아래와 같다.

2.4.1 초기년도 송전망 구성(2008 및 2011년)

Yeywa, Shweli 발전소의 생산전력은 2008년 건설 예정인 Meikhtila, Taungoo, Kamanat을 연계하는 500kV 송전선로를 통해 부하중심지인 Yangon에 공급되나, 500kV 송전선로 상정사고시 주요 시스템의 안정을 유지하기 위해 Meikhtila와 Taungdwingyi를 연결하는 신규 송전선로의 건설이 필요하다. 또한 현 시설용량 300MW인 Hutgyii 발전소로부터 2011년경 1,005MW의 전력을 태국으로 수출할 계획은 신뢰성 있는 계통운동을 위하여 Tasang 발전소의 최소 1기의 상업운전 이전까지는 450MW 정도로 줄이는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

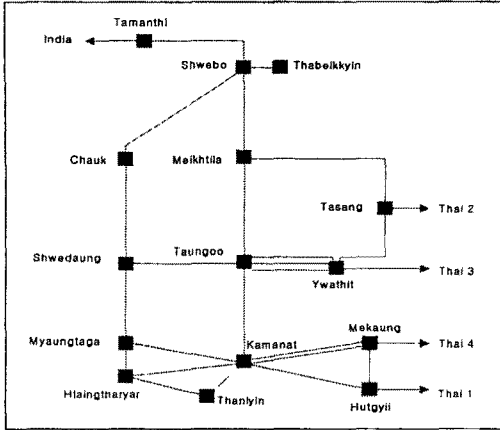
그림2. 2008년 및 2011년 송전망 구성도



2.4.2 최종년도 송전망 구성(2030년)

2030년은 장기계통계획의 최종년도로서, 이 시점에는 대부분의 500kV 변전소 및 발전소를 Loop화하여 환상망으로 구성토록 하였으며, 이는 고 신뢰성의 간결하고 견고한 초고압 기간 계통을 구축하여 정상상태는 물론 상정고장(N-1)시에도 안정적인 전력공급을 목적으로 하였다. 총 수요는 태국과 인도로 수출되는 5,625MW를 포함하여 17,771MW가 될 것이다.

그림3. 2030년 500kV 송전망 구성도



2.5 500kV 송변전설비 적정규모

2008년도에 건설되는 초기 500kV 송전 및 변전설비의 적정규모를 검토하기 위하여 2030년까지 미얀마 전력계통을 고장전류, 전력조류, 전압보상설비로 구분하여 검토하였다.

고장전류 최대값은 500kV 모선의 경우 5.6~31.9kA 정도로 2030년 Tasang 발전소의 31.9kA가 최대로 나타났고, 230kV 모선의 경우 7.8~33.8kA 정도로 Mekaung 발전소의 33.8kA가 최대로 나타났다. 따라서 500kV 및 230kV 차단기의 차단정격은 40kA를 적용하는 것이 타당한 것으로 검토되었다.

500kV 송전선로의 경우 Meikhtila~Taungoo와 Taungoo~Kamanat 구간으로 구분하여 건설될 계획이며 이를 반영하여 500kV 송전선로의 전력조류를 검토한 결과 2021년도 및 2030년도에 최대조류가 흐르는 것으로 나타났다.

최대조류를 기준으로 500kV 송전선로 후보도체를 선정하여 전선용량을 검토한 결과 330mm ACSR 4-cond bundle과 480mm ACSR 2-cond bundle 전선의 경우 상시 및 이상시 최대조류를 만족시켰으며, 전기환경장애까지 만족시키는 330mm ACSR 4-cond bundle이 가장 적합한 것으로 검토되었다.

표2. 500kV 송전설비 적정규모

내 용	500kV 송전선로	
	Line 1	Line 2
예상경과지	Meikhtila S/S ~ Taungoo S/S	Taungoo S/S ~ Kamanat S/S
도체	330mm ACSR 4-cond bundle	
회선수	1 회선	
선로 용량	1,785 MVA	
공장	225 km	188 km
예상 최대조류	- Normal: 550MW ('21)	- Normal: 930MW ('21)
	- Contingency: 727MW('21)	- Contingency: 1430MW('30)

500kV 변전소 조류계산 결과 변압기 단위용량은 500MVA가 타당할 것으로 검토되었으며 각 변전소별 변압기수는 3Bank 및 4Bank가 적정한 것으로 검토되었다.

전압보상설비 검토결과 2016년도에 최대량의 Shunt Reactor 설치가 필요하였다. 이는 선로전류가 크지 않은 장거리 500kV 송전선로의 운전에 따른 것으로 나타났으며, 반면 2016년 이후에는 급증하는 전력조

류에 따라 반대로 Shunt Capacitor가 필요할 것으로 검토되었다.

표3. 500kV 변전설비 적정규모

내 용		500kV 변전소		
변전소명		Meikhtila	Taungoo	Kamanat
변압기수	초기	2 banks	1 bank	2 banks
	최종	3 banks	4 banks	3 banks
정격 전류		4,000 A		
차단기 차단용량		40 kA		
변압기 용량		500 MVA		

표4. 년도별 Shunt Reactor 설치 필요량

년 도	500kV 변전소		
	Meikhtila	Taungoo	Kamanat
2008	150	200	100
2011	150	200	100
2016	400	400	100

3. 결 론

전력계통에 대한 장기 계통계획은 모든 국가에서 수립하고 있지만, 향후 몇 년도까지를 고려해야 하는 것은 정답이 없으며 한국의 경우 10개년 정도를 비교적 상세히 수립하고 있다. 중요한 것은 미래에 대한 계획을 수립하고 수요변동, 경제적 조건 등 상황변화에 따라 주기적으로 수정 보완하여 불확실한 미래를 쫓아가는 것이라 할 수 있을 것이다. 이상과 같이 2030년까지의 장기계통 분석 및 계통계획 수립결과는 향후 미얀마 500kV 송전선로 및 변전소 건설계획의 근간이 될 것이며, 500kV 송변전설비 기본설계의 기초자료로 활용될 예정이다.

본 미얀마 500kV 송전전압격상 타당성조사 및 기본설계사업은 지난 2002년 미얀마 전력망 진단 개발조사사업에 이은 송변전 분야의 본격적인 해외사업 진출이라는 상징적 의미 이외에 태국, 베트남 등의 500kV 계통에 이미 일본식 설비가 보급되어 있는 만큼 면밀한 검토를 통하여 미얀마 현지실정에 가장 적합한 설계 성과물을 도출해냄으로써 동남아시아에서 한국전력공사의 경쟁력확보가 예상된다. 본 사업을 통하여 우리나라 계통전압에 해당되지 않은 500kV 송변전 기본설계에 대한 기술을 습득함과 동시에 최적의 사업 성과물을 미얀마 정부 측에 제공함으로써 향후 미얀마 송전망 건설사업 수주 등 미얀마 전력시장은 물론 최근 급속한 성장을 시작한 동남아시아의 전력시장에서 우월한 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국국제협력단, 한국전력공사, "미얀마 전력망 진단 개발조사사업", 최종보고서, 2002. 10
- [2] 한국국제협력단, 한국전력공사, "미얀마 500kV 송전전압격상 타당성조사 및 기본설계사업", 중간보고서, 2005. 1