

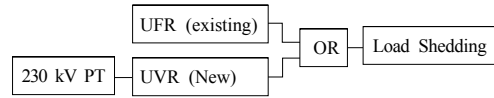
미얀마 전력계통 운영 및 보호시스템 구축 사업

김중화, 최영성, 한성민*, 이덕재*
한국전력공사

The development study on the power system operation and protection scheme in Myanmar

Jong-Hwa Kim, Young-Sung Choi, Seong-Min Han, Duck-Jae Lee
Korea Electric Power Corporation

Abstract - KEPCO conducted a third project in Myanmar regarding system operation and protection scheme. This paper deals with blackout reduction plan, reactive power compensation plan and system restoration procedures in operations parts. Moreover protection system improvement plan and standard protection schemes were suggested.



〈그림 1〉 저전압 부하차단 시스템 구성도

1. 서 론

한국전력공사는 2001년부터 2002년까지 송변전분야 최초의 해외사업인 “미얀마 전력망 진단 사업”을 수행하여 미얀마 전력계통의 중추적인 역할을 담당하기 위한 500 kV 송전망을 구성하도록 권고하였다. 이에 대한 후속사업으로 2004년부터 2005년까지 “미얀마 500 kV 송전망 타당성 조사 및 기본설계 사업”을 수행하였으며, 동 사업의 결과를 바탕으로 미얀마 최초의 500 kV 송전망이 도입될 예정이다. 미얀마 전력계통이 확장됨에 따라 전력계통 및 운영은 더욱 복잡해질 것이나, 현재의 운영 및 보호시스템으로는 한계가 있다. 미래 계통의 안정적이고 신뢰성 있는 운영을 위하여 계통 운영능력 및 보호방식이 건설과 병행하여 제공되어야 한다. 이를 위하여 미얀마 정부의 요청으로 “미얀마 전력계통 운영 및 보호시스템 구축 사업”이 2007년부터 2008년까지 수행되었다. 한국전력공사는 본 사업 역무의 일환으로 안정적인 전력계통 운영방안을 수립하고, 미얀마 전력설비에 대한 표준 보호방식 및 계통보호 현안 사항에 대한 해결책을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 전력계통 운영분야 컨설팅

전력계통을 효율적으로 운영하고 향후 계통확장에 대비하기 위하여 기존의 UFR과 연계한 UVR 부하차단계획과 무효전력 보상방안을 제시하였다. 계통안정과 정전방지의 근본대안을 제시하고자 미얀마의 현 500 kV 계통계획의 적정성을 재검토하였다. 계통정전 시 신속하고 안정적인 복구를 위하여 미얀마 정전복구 경험을 고려한 계통정전 복구절차를 제시하였다.

2.1.1 계통해석 입력데이터 작성

미얀마측에서 제공한 수요예측과 계통계획 데이터를 바탕으로 과년도 변전소 및 발전기 운전실적을 분석하였다. 년도별 발전용량이 최대수요를 능가하지만 계절별 수력발전량 제약과 설비 노후화 등으로 실제 발전량이 부족하여 빈번한 부하차단이 발생하고 있다. 2008년부터 2010년까지의 계통해석 입력데이터를 작성하고 국산 계통해석 프로그램인 KW-PSS를 활용하여 검토하였다.

〈표 1〉 미얀마 수요예측 및 발전용량

년도	2008	2009	2010
최대 수요 (MW)	1,205	1,325	1,461
발전설비 용량 (MW)	1,701	2,372	3,237

2.1.2 저전압 부하차단

230 kV 송전선로 고장 발생시, 미얀마 계통은 2개 지역(양곤, 양곤 외 지역)으로 나뉘게 되어 심각한 계통 불균형이 발생한다. 수급 불균형, 설비용량 부족, 무효전력 공급 부족 및 보호협조 부족 등 여러 가지 계통정전의 원인이 있으며 이를 방지하기 위하여 설비보강, 보호시스템 개선 등이 이루어지고 있다. 양곤 지역 내 발전소 건설이나 송전선로의 조기 준공이 어려우므로, 적은 시간과 비용으로 설치가 가능한 저전압 부하차단 방식을 제안하였다. 기 설치된 저주파 부하차단 방식을 보완하고 지역적인 전압붕괴를 방지하기 위하여 양곤지역 2개 변전소(Hlawga, Thaketa)에 시스템을 구성하였다. 저전압 계전기 동작사항은 각 변전소에서 214kV/40MW로 결정하였다.

2.1.3 무효전력 보상계획

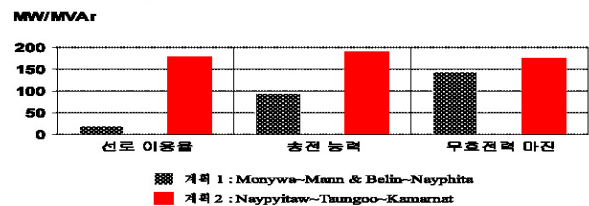
지역적인 무효전력 수급 불균형을 해소하고, 계통 저전압을 개선하기 위하여 무효전력 보상장치 설치를 제안하였다. 정상 및 N-1 상정사고 시물레이션을 바탕으로 년도별 필요 소요량을 산정하였다. 2008년 Shweli 수력발전소가 준공되고, 이와 연결된 230 kV 송전선로 과전압을 해소하기 위하여 인근 2개 변전소에 각각 50MVar Sh,R를 설치하여야 한다. 대규모 수력발전소가 준공되어 수급 불균형이 해소되는 2010년 이전까지는 양곤지역을 중심으로 Sh,C가 설치되어야 한다. 무효전력 보상 후 양곤지역의 평균 전압은 2008년 196.6kV(0.85P.U)→222.2kV(0.97P.U), 2009년 224.1kV(0.97P.U)→232.7 kV(1.01P.U)로 개선되었다.

〈표 2〉 년도별 무효전력 보상장치 설치계획

년도	기 설치분	2008	2009	2010
Sh,C (MVar)	53	150	150	-
Sh,R (MVar)	60	100	-	-

2.1.4 500kV 계통계획 검토

2010년 이후 미얀마 북쪽의 대규모 수력발전소의 준공으로 수급불균형은 해소되나 부하중심지역과 멀리 떨어져 있어 무효전력 공급을 위하여 양곤지역의 가스발전기들은 일정 수준 이상의 출력을 유지하여야 한다. 송전선로 전송능력을 증가시키고 계통정전 방지를 위한 근본대안으로서 500kV 계통이 필요하다. 미얀마측의 계획1과 이를 수정한 계획2를 비교한 결과 부하중심지역에 가깝게 건설되는 계획2의 기술적인 효율성이 높음을 알 수 있다.



〈그림 2〉 500kV 계통계획의 기술적 효과

또한 500kV 계통 운전이 1년 지연될 때의 손익을 분석하였다. 건설이 지연됨에 따라 양곤지역 가스발전 비용 손실과 건설비용의 연간 이자소득이 발생한다고 가정할 때, 2010년에 약 260억의 손실이 발생한다.

2.1.5 계통정전 복구절차

소수 기술자의 경험에 의존하는 미얀마의 현재 정전복구 방식의 적정성을 정태/동태 해석으로 평가하였다. 자체기동발전기와 가능한 시uction선로가 선정되고, 페란티 효과나 무효전력 공급량 등 복구과정중의 계통현상들을 KW-PSS와 EMTDC프로그램을 사용하여 검토하였다. 복구절차는 전 계통 정전시, 230kV 계통 정전시, 132kV 계통 정전시의 상황별로 제시하였다.

2.1.6 기타

계통운영 기준, 급전기준, 고장관리기준 등 계통관련 업무기준과 정보를 수록한 계통운영기준서를 제공하였다. 또한 계통해석 및 운영, 유지보수에 필요한 다양한 계통데이터를 축적하고 관리하기 위하여 웹에 기

반을 둔 계통현황관리시스템(PS-SMS)의 구성 및 활용 방안도 제시하였다.

2.2 전력계통 보호분야 컨설팅

미얀마 전력계통은 발전설비용량이 약 1,700MW, 최대부하 1,200MW 내외로 55만㎡ 국토면적과 5,400만에 이르는 인구를 감안하면 전력규모는 초기 개발단계로 볼 수 있다. 그러나 66kV 이상 송전선로가 약 90 Feeder가 운전 중이며, 지속적으로 변전소 및 선로가 보강되고 있어, 조직 및 인력육성, 표준화, 설비보강, 보호 Scheme 보완 등 계통보호 분야의 시스템 보강이 시급한 상황으로, 이를 고려하여 우선 시급하고 개선이 가능한 범위를 정하고 해결책을 제시하는 방향으로 컨설팅이 진행되었다.

2.2.1 보호분야 조직보강

보호분야의 현재 인력자원을 최대한 활용하고 장단기적으로 필요인력 육성을 촉진하는 방향으로 제시하였다. 단기적으로는 보호분야 Executive Engineer하에 보호계산을 담당하는 보호(엔지니어링) 조직과 시험을 담당하는 Test Lab 조직으로 분리하고, 장기적으로는 각각 독립적으로 업무가 진행되도록 제시하였다.

2.2.2 보호방식 선정

최근 적용된 일부 PCM 전류차동보호선로를 제외하고는 대부분의 230/132kV 송전선로 보호는 Non-Pilot 방식으로 거리계전기(21)와 과전류계전기(51)의 조합으로 구성되어 있어 고장파급으로 인한 광역정전의 주요 원인이 되고 있다. 이는 취약한 통신기반과 보호신뢰도에 대한 낮은 인식에서 비롯된 것이다.

- 230, 132kV 송전선로 보호방식 선정

Communication	Main Protection	Back-up Protection
Power Line Carrier	Directional Comparison Blocking Scheme	3 Step Distance Relay (or DOCGR for Earth Fault)
Optical-fiber	PCM Current Differential Relaying Scheme	

- 모선보호방식 선정

기설 발전전소는 1개 변전소를 제외하고는 단모선방식이고, 2중모선의 경우도 Bus-Tie가 없는 방식이고, 모선 보호개념이 적용되지 않은 시스템이다. 따라서 모선측 고장으로 인한 광역파급고장의 위험이 상존하고 있다. 따라서 230, 132kV 신규변전소 및 대용량변전소의 이중모선과 모선보호도입 방안을 제시하였다.

- 변압기 보호방식 선정

일반적으로 변압기보호는 전기적으로는 DCR+OCR과 기계적보호장치로 구성된다. 조사결과 변압기 보호는 미얀마 보호시스템 중 가장 취약한 부분으로 보호계전기 고장 방지, 보호협조 계산적용 오류에 의한 과급고장 빈번, 부적절한 CT 설치위치에 의한 지락고장 시 맹점발생 등 많은 문제점을 안고 있다.

급번 컨설팅을 통하여 ① 현황 조사 ② 표준 Scheme 개발 ③ 재정정 등 해결방안을 제시하였다

- 66kV 이하 선로 보호방식 선정

현재 적용된 보호시스템은 무방향성 과전류계전기이다. 이는 환상망 운전, 2회선 병렬운전 시 오동작을 유발할 수 있는 취약한 시스템으로, 기본적으로 방향성 기능을 추가한 과전류계전방식과 표준시간특성(Standard, Inverse, Very-Inverse)을 동일하게 적용할 것을 제안하였다.

2.2.3 계통 Sequence Data 구축

급번 사업을 통하여 미얀마 전력계통 Sequence Data를 구축하였고, 그동안 제한적으로 이뤄지던 지락고장전류 계산과 지락보호용 계전기 정정 Tool을 제공하였다. 본 Data는 기 제공된 KW-PSS를 이용하여 작성되었다. 각 계통전압별 최대 고장전류 크기는;

- 230kV : 3상단락 4,670 A / 1선지락 5,018 (Pinyinna S/S)
- 132kV : 3상단락 7,357 / 1선지락 8,250 (Lawpita S/S)
- 66kV : 3상단락 14,811A / 1선지락 16,838 A (Thaketa S/S)
- 33kV : 3상단락 29,838A / 1선지락 33,684A (Hlawga S/S)

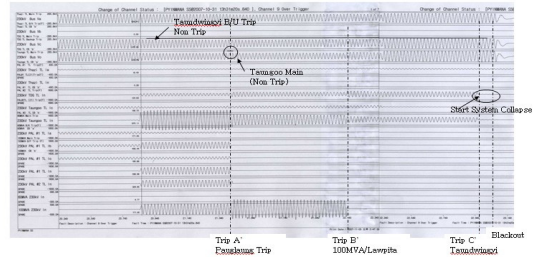
2.2.4 보호계전기 재 정정

오동작이 빈번하고 정정 계산치를 신뢰할 수 없는 case를 발굴하여

재정정을 시행하였다. 시행 과정 중에 현지 기술자의 업무능력 향상을 위해 공동 작업을 하였다. 대상 설비는 230kV Tharyargone 변전소 송전선로 및 주변압기 보호시스템 위주로 진행되었다.

2.2.5 시험장비 및 보호설비제공

급번 사업을 통하여 2 set의 시험장비와 3 set의 Fault Recorder를 제공하였다. 더불어 설비를 활용할 수 있도록 현장 적용시험 (준공시험)과 현장 OJT를 통하여 스스로 기자재를 활용할 수 있는 수준까지 교육을 시행하였다. 특히 Fault Recorder는 광역정전의 원인이 주요 원인인 보호계전기 부동작 및 오동작 사항을 검출하여 신속한 대책을 세울 수 있는 근거를 제시하였으며, 추가설치 계획이 추진 중에 있다.



〈그림 4〉 전력계통 정전 고장분석 사례 (07.11)

2.2.6 기타 사항

- 접지방식의 검토

미얀마 계통은 직접접지방식을 채택하고 있으나, 현재 진행 또는 계획 중인 계통확장 및 수력발전 규모 등을 고려하면 향후 급속한 지락고장 전류 증가를 예상할 수 있다. 이는 절연레벨 및 보호방식에 영향을 미치게 된다. 현재는 전체 용량이 작아 적용표준에 이를 고려하지 않으나 유효접지 방식은 고장 시 과전압을 줄일 수 있고 변압기 저감절연을 채택할 수 있는 등 장점이 있으므로, 일선지락 고장전류, 건전상의 대지전위 상승 변수 등을 검토하여 향후 접지방식 선정에 활용하여야 할 것이다.

- BCT의 활용

차단기에 적용되는 BCT는 단독 CT에 비하여 설치, 구매 등에 있어 경제적이고 맹점을 줄일 수 있는 장점이 있어 이를 제안함

- 차폐케이블의 사용

차폐케이블은 지락 고장시 유입되는 썬지에 의해 발생할 수 있는 오동작을 방지하기 위한 것으로 규격은 CT, PT 2차회로의 경우 4.0 mm (기계적강도의 염려가 없 개소는 2.5 mm 이상)이상의 케이블을 사용한다.

- 보호업무 절차서 개발 제공

계통보호 업무관련한 계반절차인 정정, 시험, 분석 운전, 통계 업무와 관련한 절차를 제공하여, 체계적인 업무수행을 지원하였다.

- 보호배전반 기술규격 (Technical Specification)

기술적통일성, 경제성 측면에서 표준화 유도는 시급한 사항으로, 급번 사업을 통하여 IEC 기준으로 보호반 크기, 구성, 온도 등 사용조건, 정격 등 미얀마 현행 적용조건 등을 고려한 규격을 제공하였다.

3. 결 론

전력계통의 안정적인 운영을 위해서는 전력설비의 적기확충 뿐만 아니라 효율적인 운영방안 수립이 필요하다. 미얀마 전력계통의 안정적인 운영을 위하여 지전압 부하차단, 무효전력 보상, 500kV 송전망 건설 등의 운영전략을 수립·제시하였다. 그리고 현 계통보호시스템을 분석하여 보호기준 수립, 취약개소 보강 및 계전기 재정정을 수행하였으며, 현지 기술자들의 자체 기술력을 배양시키기 위하여 기술을 이전하고 시험 장비를 제공하였다. 본 사업을 통하여 전력계통 운영 및 보호분야에서의 한전의 높은 기술력을 전수함으로써 미얀마 전력계통 운영 및 보호분야의 인력을 양성하고 성공적인 사업수행을 통하여 양국 전력분야 선린관계 강화에 크게 기여하였다. 2001년 이후 지속되어온 미얀마 지원사업을 성공적으로 수행하고 후속사업 추진을 위한 발판을 마련함으로써, 향후 더욱 활발한 전력분야의 해외진출이 기대된다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국전력공사, "The development study on the power system operation and protection scheme in Myanmar", Draft final report, 2008