

해외사업용 송전선로 설계시스템 개발

민 병 옥, 김 종 화, 최 석 준, 방 향 권, 최 한 열

Development of the Transmission Line Design System for Overseas Projects

Byeong-Wook. Min Jong-Hwa. Kim Seok-June. Choi Hang-Kwon. Bang Han-Yeol. Choi
Korea Electric Power Corporation

Abstract - KEPCO constructed the first 765kV 2 circuit transmission line in the world with its home grown technologies. Through this 765 kV transmission system project, KEPCO accumulated experience and technologies related to the 765 kV power system. Based on the successful completion of the 765kV transmission project, KEPCO is conducting overseas business by using its abundant experience and know-how. In particular, KEPCO developed the training course for power system, called the ATT (Advanced Transmission Technology) training courses for overseas business, especially for developing countries. Therefore, KEPCO developed the "Transmission line design system for overseas projects". This system supports the calculation of wind pressure load, tower design, wire selection, insulation design, etc. by applying the meteorological data of foreign countries and design standards. And this system is applied to the training program so that the trainees can design the optimal transmission line for their own countries

1. 서 론

우리나라는 1999년 세계 최초로 765kV 1route 2회선 송전선로 및 변전소를 순수 국내기술로 건설하여 송변전 기술을 정립, 축적하였으며 축적된 선진기술을 이용하여 해외사업을 활발히 추진하고 있다. 2001년도 '미얀마 전력망 진단 및 개발조사사업' 시작으로 리비아, 아프카니스탄, 중국, 부탄, 캄보디아 등 동남아시아와 중동지역을 중심으로 송전망 기본설계와 전력망 기술진단, 해외 교육 등을 시행하였다. 그리고 라오스, 사우디아라비아, 인도, 이란, 수단, 베트남, 중국 등에 대하여 송전망 건설과 기술용역, 그리고 해외교육을 추진할 예정이며 현재 캄보디아 및 미얀마의 송전망에 대한 기술용역과 해외교육이 진행 중에 있다. 또한 5개 과정의 전력시스템 교육 프로그램과 송전분야 4개 과정, 변전분야 7개 교육과정 프로그램 등 총 16개 과정의 교육프로그램(ATT/Advanced Transmission Technology Training Program)을 개발하여 해외교육을 시행하고 있다. 그러나 송전선로 설계 및 기술교육을 위한 송전기술데이터는 매우 복잡한 수식으로 계산하여야 하므로 수계산(手計算)으로는 거의 불가능한 실정이다. 따라서 원활한 해외사업을 위하여 외국의 기온, 풍속, 기압 등 기상자료와 송전선로 설계조건을 적용한 설계풍압하중, 절탑설계, 전선설계, 애자장치설계, 송전선로 건설장비에 대한 자료 제공 등 해외 송전선로의 설계와 해외기술교육을 위하여 해외사업용 송전선로 설계시스템(WorldTower)을 개발하였다.[1][2]

2. 해외 전력사업의 현황

한국전력의 송변전 해외사업은 2001년 한국국제협력단(KOICA)의 미얀마 1단계 개발조사사업인 미얀마 전력망 진단 및 개발조사사업을 시작으로 2단계 미얀마 500kV 송전전압 격상 타당성 조사 및 기본설계사업을 시행하였고 현재 3단계 사업으로 미얀마 전력계통 운영 및 보호시스템 구축과 in-house consulting, 전력계통 보호계전기 성능보강 사업이 진행 중에 있으며, 미얀마 단기 시스템 보강사업과 500kV 송전망 건설사업을 추진할 예정이다. 또한 2006년에는 리비아 송전설비 절연협조진단 및 교육사업과 캄보디아 송전망 마스터플랜 수립용역사업을 완료하였고 리비아의 선진 송변전시스템 구축 기술용역과 주변압기 전문기술교육사업, 캄보디아의 송배전선로 및 변전소 건설공사를 추진하기 위해 준비 중에 있으며, 동남아시아, 중동, 아프리카 지역의 국가를 대상으로 송전망 건설사업을 개발 추진 중에 있다. 해외 기술교육사업으로는 미얀마, 아프카니스탄, 부탄 전력회사의 기술자 연수와 중국의 서북전력과 산동전력공사를 대상으로 750kV 기술교육을 시행하였으며, 해외기술교육 프로그램(ATT/Advanced Transmission Technology Training Program)을 개발하여 외국의 전력회사를 대상으로 해외 교육사업을 추진하고 있다.[1]

3. 송전선로 설계시스템의 개요

3.1 시스템 개발환경

해외 송전선로 설계시스템(WorldTower)은 해외 송전선로의 공사설계 및 해외기술교육을 위한 프로그램으로 국내뿐만 아니라 외국에서도 사용이 가능하도록 영어로 개발하였다. 본 송전선로 설계시스템은 PC의 O/S (operating system) 환경을 고려하여 windows 환경에서 사용할 수 있도록 Visual Basic 6.0의 언어를 사용하여 개발하였으며, 화면 해상도는 1024×768에서 최적화되도록 구성하였다. Source program은 94개 파일, 10.2MB이며, application program의 용량은 2.1MB이다.

3.2 시스템 구조

본 시스템은 windows 기능을 활용하여 대화형 창 구조 및 메뉴선택방식으로 구성하여 사용자 편의의 위주로 개발하였으며 기본적인 설계조건 데이터를 자동 제공하므로써 입력항목을 최소화하였고 기술자료를 활용될 프로그램의 적용 안내기능, 사용자에게 프로그램별 매뉴얼을 제공하는 사용방법 안내기능, 그리고 프로그램 계산조건 데이터 입력절차 안내자료를 제공하는 도움말(help) 기능 등이 포함되어 있다. 또한 데이터를 잘못 입력하였을 경우 error message를 제공함과 동시에 오류를 자동으로 복구하는 기능이 포함되어 있어 초보자도 쉽게 사용할 수 있도록 하였으며, 프로그램에 쉽게 접근할 수 있도록 site map을 구성하였다.

4. 시스템의 구성

4.1 프로그램 모듈구조

해의사업용 송전기술계산시스템은 4개의 module과 1개의 designer로 구성되어 있다. Module은 송전기술계산을 위한 설계조건을 제공하는 송전선로 design data 모듈과 설계용 기술데이터를 계산하는 실행 프로그램 모듈, 500kV 송전선로의 설계데이터 모듈, 그리고 가선작업용 장비관련모듈로 구성하였다. 또한 송전설계 기술데이터의 계산결과를 인쇄하여 출력할 수 있도록 3개의 data report로 구성된 1개의 designer로 구성되어 있으며 이에 대한 송전선로 설계시스템의 모듈구성은 그림1과 같다.

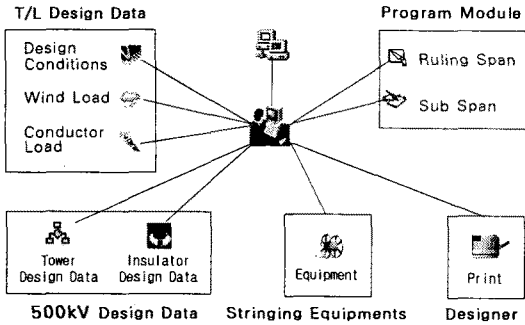


그림 1 송전선로 설계시스템 모듈구성
Fig. 1 Module structure of T/L design system

4.2 프로그램 구성

본 시스템의 초기화면(top menu)은 그림2와 같다. 본 시스템의 모든 프로그램은 초기화면에서 시작되며 응용 프로그램을 종료할 경우 초기화면으로 복귀하도록 구성하였다. 그리고 초기화면에서 이도설계데이터 모듈과 송전철탑 및 애자장치 모듈, 가선장비모듈, site map 그리고 기술데이터를 계산하는 실행프로그램 모듈을 직접 실행할 수 있도록 구성하였다.



그림 2 송전선로 설계시스템 초기화면
Fig. 2 Top menu of T/L design system

5. 해외 송전선로의 설계조건

해외 송전선로의 설계에 적용할 기온 및 풍속, 전선하중 등 설계조건 항목은 다음과 같다.[3]

- (1) Temperature
 - Every day loading conditions(°C)
 - Maximum temperature(°C)
 - Minimum temperature(°C)
- (2) Wind speed and wind pressure
 - Maximum wind velocity(m/s)
 - Design wind pressure of conductor
 - High temperature(kgf/m²)
 - Low temperature(kgf/m²)
- (3) Conductor load conditions

- Every day loading conditions(°C/No wind)
- High temperature(°C/ Wind)
- Low temperature(°C/ Wind)

6. 해외 송전선로 설계시스템

본 시스템에서는 송전선로의 설계와 시공, 운영에 필요한 기술데이터를 계산할 수 있으며, 또한 송전설계 기술데이터를 계산하기 위한 풍압 및 기온 등 기상조건, 그리고 전선설계하중을 검색할 수 있다. 이에 대한 본 시스템의 주요기능은 그림3과 같다.

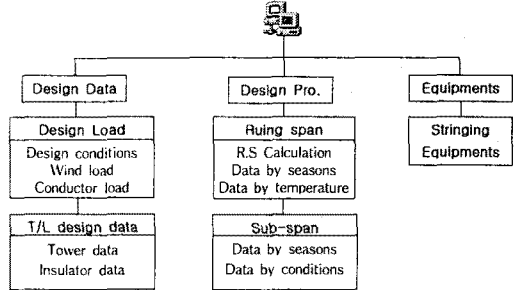


그림 3 송전선로 설계시스템의 주요기능
Fig. 3 Function of transmission line design System

6.1 송전선로 설계데이터 모듈

송전선로 설계데이터 모듈은 설계조건 검색과 풍압하중 및 전선설계하중을 계산하는 프로그램으로 구성되어 있다. 설계조건 검색 프로그램은 기온 및 풍속, 전선하중 등 설계조건을 검색할 수 있으며, 풍압하중 계산 프로그램은 최대순간풍속과 10분간 평균풍속에 대하여 기온, 기압, 차폐계수, 돌풍률, 재현기간(return period) 등을 적용하여 기준속도압과 풍압하중을 계산할 수 있고 상공계중계수를 적용하여 지상으로부터 전선 높이별 풍압하중을 계산하는 프로그램이다. 전선하중 계산 프로그램은 이도설계를 위한 각종 하중 데이터를 계산하는 프로그램으로 고온계 하중조건(high temperature loading condition)과 저온계 하중조건(low temperature loading condition)을 적용한 전선의 단위길이당 수직하중, 수평하중, 합성하중과 부하계수((loading coefficient), 임계경간(critical span), EDS 허용장력, 최대파라미터를 계산할 수 있으며 또한 사용자가 임의로 입력한 풍압조건을 적용하여 전선의 수직하중·수평하중·합성하중 등 이도설계에 필요한 전선하중데이터를 계산하는 프로그램이다. 송전선로 설계데이터 모듈 중에서 설계풍압하중 계산 프로그램을 실행한 결과는 그림4와 같다.

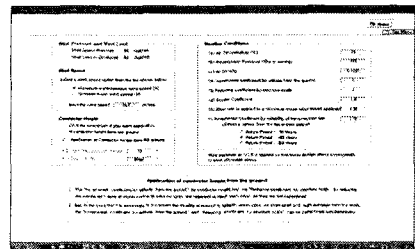


그림 4 설계자료 데이터 계산 프로그램
Fig. 4 Program for design data calculation

6.2 500kV 송전선로 설계데이터 모듈

500kV 송전선로 설계데이터 모듈은 6개 type의 철탑별 허용수평각, 표준경간, 수평하중경간과 수직하중경간 등의 데이터를 제공하며 애자장치 설계를 위하여 12개 type의 애자장치와 3개의 굵구류에 대한 도면과 함께 구성부품, 인장하중, 중량, 풍압면적 등의 설계 데이터를 제공하며 실행화면을 예시하면 그림5와 같다.

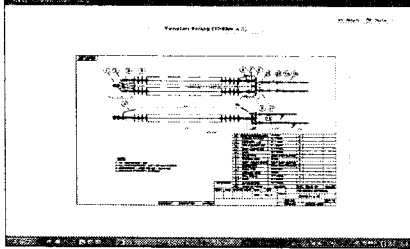


그림 5 500kV 설계데이터 프로그램
Fig. 5 Program for 500kV T/L design data

6.3 송전선로 설계데이터 계산 모듈

송전선로 설계데이터 계산 프로그램 모듈은 등가경간(ruling span)에 대한 3개의 응용 프로그램과 단일경간(sub span)에 대한 2개의 응용 프로그램으로 구성되어 있으며 송전선로 설계용 기술데이터를 계산할 수 있다.

6.3.1 등가경간 기술데이터 계산 프로그램

등가경간 계산 프로그램은 내장애자장치 철탑과 내장애자장치 철탑 간에 있는 모든 경간의 최저이도점(vertex)의 전선 수평장력이 동일한 송전선로 1구간(1 section), 즉 내장-내장 구간에 대하여 등가적인 경간을 계산하는 프로그램이며, 등가경간 계절별 기술계산 프로그램은 등가경간에 대한 계절별 기상조건에 의한 설계하중을 적용하여 장력과 이도를 계산하는 프로그램으로 사용자가 임의로 입력하는 범위의 40개 등가경간에 대하여 장력과 이도를 동시에 계산할 수 있다. 등가경간 온도별 기술계산 프로그램은 사용자가 임의로 입력하는 10개의 등가경간에 대하여 10단계의 온도별로 장력과 이도를 계산하는 프로그램으로 그림6과 같다.[2][4]

그림 6 등가경간 기술자료 계산 프로그램
Fig. 6 Program for ruling span design

6.3.2 단일경간 기술데이터 계산 프로그램

단일경간(sub span)은 내장-내장 간 1 section 내의 임의의 1경간을 말하며, 단일경간 계절별 기술데이터 프로그램은 등가경간 및 계산경간에 대하여 계절별 기상조건에 의한 설계하중을 적용한 전선하중과 장력, 이도를 계산하는 프로그램이다. 단일경간 설계조건별 기술데이터 계산 프로그램에서는 단일경간에 대하여 사용자가 임의로 입력하는 전선종양, 전선온도에 대하여 전선의 장력과 이도를 계산하는 프로그램으로 전선의 수평장력과 이도, 전선실장, catenary angle, vertex까지의 수평거리인 수직하중경간(weight span)과 전선 지지점의 전선장

력, 이도, 수직하중을 계산하며, 1경간 내 임의의 한 지점에 대한 전선의 장력과 이도 그리고 전선실장을 계산하는 프로그램으로 그림7과 같다.[2][4]

그림 7 단일경간 기술자료 계산 프로그램
Fig. 7 Program for sub-span design

6.4 송전선로 가선장비 모듈

송전선로 가선장비 모듈은 연선차(tensioner), 엔진풀러(engine puller) 등 철탑에 전선을 포설하는 연선공사(延線工事)와 포설된 전선을 직경한 장력으로 철탑에 고정시키는 긴선공사(緊線,工事) 시에 필요한 장비의 제원과 성능, 사용방법 등을 안내하는 프로그램으로 실행화면을 예시하면 그림8과 같다.

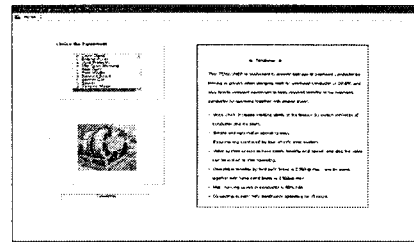


그림 8 송전선로용 가선장비 프로그램
Fig. 8 Stringing equipment for Wiring work of transmission line

7. 결 론

송전선로의 설계 및 시공을 위한 기술데이터는 매우 복잡한 수식으로 계산하여야 하므로 수계산으로는 거의 불가능하다. 따라서 원활한 해외사업을 위하여 외국의 기상조건에 의한 설계하중을 적용하여 송전선로 설계데이터를 계산할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 시스템을 개발함으로써 외국의 송전선로 건설 및 유지보수, 송전설비 운영에 대한 설계, 시공, 관리업무에 대한 기술을 지원할 수 있을 뿐만 아니라 철탑 및 애자련형의 설계, 이도설계, 가선공사 시공데이터 제공, 송전설비 고장 분석 등에 광범위하게 활용할 수 있게 되었다. 본 시스템은 사용자 편의 위주의 windows 환경으로 개발되었으며 외국의 기상조건에 의한 설계하중 데이터를 자동 제공함으로써 입력항목을 최소화하여 초보자도 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 본 시스템이 개발됨으로써 외국의 송전선로 설계 및 해외기술교육에 활용할 수 있게 되어 해외사업을 원활히 추진하게 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 해외 송변전사업 추진사례 및 시장전망, 김종화 pp.10-35, 2006.7.
- [2] 민병욱, "미얀마 송전선로 설계기술계산시스템 개발", 2005 대한전기학회 하계학술대회논문집 pp.632-634, 2004.7.
- [3] 민병욱, "송전선로 기술자료 계산시스템 개발", 2004 대한전기학회 하계학술대회논문집 pp.488-490, 2004.7.
- [4] 송전기술계산시스템 사용자 지침서, 민병욱, pp.152-177, 2003.12.