

송전선로 설계 기술자료 계산시스템 개발

변 강 민 병 옥 위 화 복 김 세 현 박 기 용 남 궁 도
한국전력공사

Development of the Technical Calculation System for Transmission Line

Gang.Byun Byeong-Wook.Min Hwa-Bog.Wi Sae-Hyun.Kim Kee-Yong.Park Do.Namkung
Korea Electric Power Corporation

Abstract - The technical data for transmission line design and maintenance are calculated by a very complicated numerical formula, so it is almost impossible to solve them by hand. Therefore the TOWER+ EXPERT SYSTEM was developed to systematically support technical data for transmission line design and maintenance. This system is able to calculate technical data which is applied to all conductors in our country, - that is 12 kinds of systems with 86 numbers of standard conductors, - and is programed to be user friendly by adopting dialogue windows, menu selection functions. Moreover, it minimizes input data by automatically providing standard transmission line design data, and it includes guidance of applicable work, program usage, data input process, help, explanation of terms and automatic error recovery functions that even a beginner can easily use.

1. 서 론

송전선로의 설계 및 유지보수를 위한 기술자료는 매우 복잡한 수식으로 계산되어 수계산(手計算)으로는 거의 불가능하다. 따라서 현재 국내에서 사용되고 있는 송전기술 계산용 프로그램은 DOS용 프로그램으로 개발되어 사용되고 있으나 단순히 이도자료만 계산되며 계산 결과도 서로 상이하고 일부 프로그램의 계산자료는 부정확한 부분이 있다. 또한 DOS용 프로그램은 text 위주로 개발되어 사용이 불편하고 기술계산에 장시간이 소요될 뿐 만 아니라 사용자마다 별도의 다른 프로그램을 사용하고 있어 송전기술 자료의 공유가 불가능하고 송전선로 설계자료가 다르게 되어 송전선로의 설계 및 유지보수 업무에 대한 체계적인 기술지원 시스템이 구축되어 있지 않은 실정이다.

또한 한전에서는 2003년 2월에 직접접지방식 송전선설비 절연협조기준과 가공송전선 애자장치기준을 전면 개정하였고 2004년 3월에 가공송전선 철탑설계기준과 가공송전선 전선선정기준, 가공송전선 이도설계기준, 가공송전선의 가공지선 설치기준이 전면 개정되도록 기존의 DOS용 프로그램을 사용하기 위해서는 전면 수정이 필요하다. 따라서 본 시스템은 송전설계기준의 개정내용을 적용하여 송전기술계산시스템을 windows용으로 개발하였다.

본 시스템은 windows 기능을 활용하여 사용자 편의 위주로 개발되었으며 설계기준 데이터를 자동 제공함으로써 입력항목을 최소화하였고 프로그램 적용업무 안내, 프로그램 사용방법, 데이터 입력절차, 도움말 제공, 용어해설, 오류 자동복구기능 등을 포함하고 있어 초보자도 쉽게 사용할 수 있도록 하였다.

본 시스템의 정확도와 신뢰성을 검증하기 위하여 한전의 '송전철탑 설계 표준화 용역보고서(1990.8)'의 수계산(手計算) 데이터와 본 시스템의 계산결과를 비교·검증하였으며, 그 결과는 정확히 일치하였다.[1]

2. 시스템의 개요

2.1 시스템 개발환경

송전기술계산시스템(프로그램명 : Tower)은 송전선로 건설공사 설계 및 송전설비 운영업무를 지원하기 위하여 송전기술자료를 계산하는 프로그램이다.

본 시스템은 PC의 O/S(Operating System) 환경을 고려하여 개발언어는 Visual Basic 6.0을 사용하였고, Windows 95/98/ME/2000/NT 환경에서 사용할 수 있으며 DB는 system DB와 Excel을 사용하였다. Source program은 380개 file 26.6MB이며 application program은 4개 DB를 포함하여 10.3MB이다.[2]

2.2 시스템 구조

본 시스템은 대화형 창 구조, 메뉴선택방식으로 구성되어 있으며 기술자료가 활용될 프로그램 적용업무 안내 기능, 사용자에게 프로그램별 메뉴얼을 제공하는 사용방법 안내기능, 그리고 프로그램 계산조건 데이터 입력절차 안내와 계산데이터 기술용어 해설 등의 자료를 제공하는 도움말(help) 기능이 있다. 또한 데이터를 잘못 입력하였을 경우 error message를 제공함과 동시에 오류를 자동으로 복구하는 기능이 포함되어 있으며, 사용자가 프로그램에 쉽게 접근할 수 있도록 site map을 구성하였다.

2.3 데이터베이스 구조

본 시스템에서 사용하는 데이터베이스는 Visual Basic 6.0의 기본 DB인 system DB(*.mdb)와 Microsoft Excel을 사용하였으며, 우리 나라에서 송전용 전선으로 사용하고 있는 모든 전선 12종 86개 표준규격전선의 제원과 특성을 DB화하여 설계용 데이터를 제공하고 있다. 송전선로 기별명세(tower list)는 사용자의 필요에 따라 system DB 또는 Excel file로 작성할 수 있으며 계산된 기술자료도 system DB와 Excel로 저장할 수 있다. 또한 기존 송전선로의 설비정보 관리용으로 운영 중인 송전운영시스템의 기별명세를 Excel file로 download하여 사용할 수 있도록 하였다.

3. 시스템의 구성

3.1 프로그램 모듈구조

송전기술계산시스템(Tower)은 3개의 module과 4개의 database 그리고 1개의 designer로 구성되어 있다. Module은 송전기술 실무자료를 제공하는 기술자료실과 송전기술자료의 계산을 실행하는 module, 그리고 송전선로의 기별명세(tower list)를 database로 생성하거나 기존 송전설비 정보관리용인 송전운영시스템의 기별명세를 활용할 수 있는 송전선로 기별명세 관리 module로 구성되어 있다. 송전선로 기별명세관리 module은 송전선로 기별명세를 신규로 생성하고 검색, 인쇄할 수 있으며 설비가 변동되었을 경우 수정, 추가, 삭제할 수 있도록 구성하였다.[2][3]

Database는 송전기술자료를 계산하기 위하여 전선특성, 전선용량, 설계풍압, 설계기준 데이터를 자동 지원하는 4개의 송전선로 설계기준 database로 구성되어 있으며, 송전기술자료의 계산결과를 인쇄하여 출력할 수 있도록 12개의 data report로 구성된 1개의 designer로 구성되어 있다. 이에 대한 송전기술계산시스템의 모듈구성과 데이터 흐름도는 그림1과 같다.

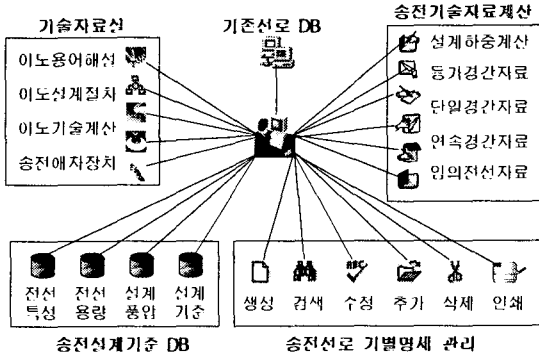


그림 1 시스템 모듈구성 및 데이터 흐름도
Fig. 1 Module structure and data flow diagram of System

3.2 프로그램 구성

본 시스템의 초기화면(Top Menu)은 그림2와 같다. 본 시스템의 모든 프로그램은 초기화면에서 시작되며, 응용 프로그램을 종료할 경우 초기화면으로 복귀하도록 구성되어 있다.



그림 2 송전기술계산시스템 초기화면
Fig. 2 Top menu of Tower+ System

또한 본 시스템은 사용자가 응용프로그램과 기술자료실에 쉽게 접근할 수 있도록 site map이 구성되어 있으며, site map은 그림3과 같다.

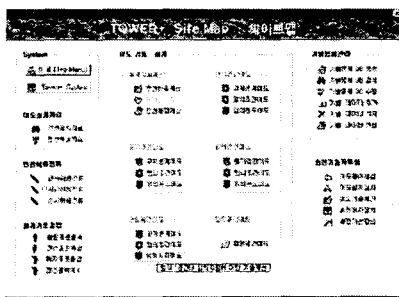


그림 3 송전기술계산시스템 프로그램지도
Fig. 3 Site map of Tower+ System

4. 송전기술계산시스템

본 시스템에서는 16개 응용 프로그램을 이용하여 송전선로의 설계와 시공, 운영 기술자료를 계산할 수 있으며, 송전선로별로 기별명세를 관리할 수 있다. 또한 송전기술자료를 계산하기 위한 전선자료와 풍압조건 등 설계기준과 가선시공자료를 검색할 수 있다. 이에 대한 본 시스템의 주요기능은 그림4와 같다.[3]

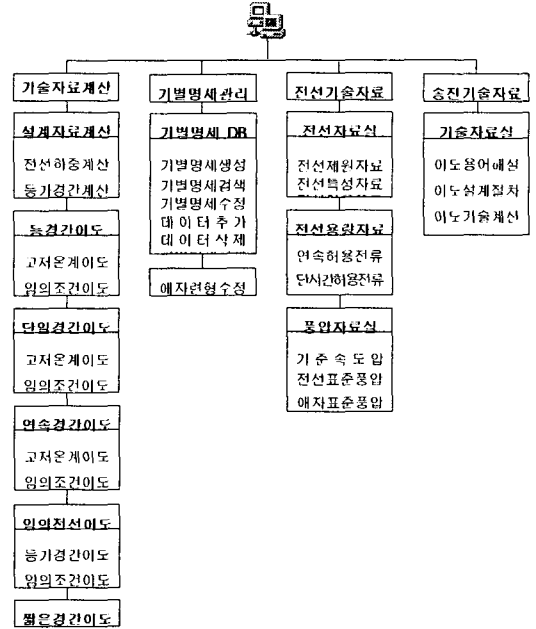


그림 4 시스템의 주요기능
Fig. 4 Function of Tower+ System

4.1 송전기술자료 계산 프로그램

송전기술자료 계산 프로그램은 16개 응용 프로그램으로 구성되어 송전선로용 12종 86개 표준규격 전선에 대하여 계산조건별 설계자료와 등가경간, 단일경간, 연속경간, 짧은경간에 대한 기술자료를 계산할 수 있으며 또한 비표준전선이나 신개발 전선에 대하여도 기술자료를 계산할 수 있다.

4.1.1 설계자료 계산 프로그램

<전선하중 계산 프로그램>은 이도설계를 위한 각종 하중 자료를 계산하는 프로그램으로 적용풍압지역, 다설지역 해당여부, 착빙설조건, 전선풍압조건을 적용하여 계산할 수 있다. 본 프로그램에서는 고온계 조건(summer loading condition)와 저온계 조건(winter loading condition)을 적용한 전선풍압, 전선온도, 최대파라미터, 수직하중, 수평하중, 합성하중, 부하계수, EDS(every day stress) 허용장력과 사용자가 입력한 계산조건을 적용하여 수직·수평·합성하중과 부하계수(loading coefficient), 임계경간(critical span) 등 이도설계에 필요한 전선하중자료를 계산할 수 있다.

<등가경간(ruling span) 계산 프로그램>은 내장에자장치 첩탈과 내장에자장치 첩탈간에 있는 모든 경간의 최저 이도점(vertex)의 전선 수평장력이 동일한 송전선로 1구간(1 section), 즉 내장-내장 구간에 대하여 등가적인 경간을 계산하는 프로그램이며, <전선풍압 계산 프로그램>은 10분간 평균풍속과 최대순간풍속을 적용하여 전선의 풍압력과 속도압, 풍압하중을 계산할 수 있으며 상공체중계수를 적용하여 풍압하중을 계산할 수도 있다.

4.1.2 등가경간 기술자료 계산 프로그램

<등가경간 고·저온계 기술계산 프로그램>은 등가경간에 대한 고·저온계의 경간별 장력과 이도를 계산하는 프로그램으로 표준전선 12종 86개 규격 전선에 대하여 40개 등가경간을 동시에 계산할 수 있으며, 계산경간 범위는 사용자가 결정하도록 되어 있고, 전선가선 후에 발생하는 전선신장(creep)을 보정하여 계산할 수도 있다. <등가경간 임의조건 기술계산 프로그램>에서는 등가경간에 대하여 사용자가 임의로 정하는 전선종압, 전선온도, 착설조건에 대하여 장력과 이도를 계산하며, <등가경간 임의온도 기술계산 프로그램>은 사용자가 임의로 정하는 전선온도 범위와 계산경간 범위에 대하여 장력과 이도를 계산하는 프로그램이다.

4.1.3 단일경간 기술자료 계산 프로그램

단일경간은 내장-내장 간 1 section 내의 임의의 1경간(sub span)을 말하며, <단일경간 고·저온계 기술계산 프로그램>은 등가경간 및 계산경간에 대하여 고·저온계 조건을 적용한 전선하중과 장력, 이도를 계산하는 프로그램으로 최대사용장력과 사용자가 임의로 정하는 최대설계장력을 적용하여 계산할 수 있다. <단일경간 임의조건 기술계산 프로그램>에서는 단일경간에 대하여 사용자가 임의로 정하는 전선종압, 전선온도, 착설조건에 대하여 장력과 이도를 계산하며, <단일경간 임의지점 기술계산 프로그램>은 1경간내의 임의의 한 지점에 대한 장력과 이도, 전선실장, catenary angle, vertex까지의 수평거리, 전선지지점의 하중 등을 계산하는 프로그램이다.

4.1.4 연속경간 기술자료 계산 프로그램

연속경간 기술자료 계산 프로그램은 송전선로 전체 경간에 대하여 동시에 기술자료를 일괄 계산하는 프로그램으로 <연속경간 고·저온계 기술계산 프로그램>은 고·저온계 조건을 적용한 수평하중경간(wind span), 수직하중경간(weight span), 전선지지점 장력, 수평장력, 등가이도, 경간이도, 전선실장, catenary angle, 현수에 자련의 수직·수평·합성하중과 횡진각 등 40개 기술자료를 동시에 계산할 수 있다. <연속경간 임의조건 기술계산 프로그램>에서는 송전선로 전체 경간에 대하여 사용자가 임의로 정하는 전선종압, 전선온도, 착설조건에 대하여 각종 기술자료를 계산하며, <연속경간 임의온도 기술계산 프로그램>은 긴선작업용 시공자료를 제공하기 위하여 사용자가 정하는 일정 온도범위에 대하여 장력과 이도를 계산하는 프로그램이다.

4.1.5 짧은 경간 기술자료 계산 프로그램

<짧은 경간 기술계산 프로그램>은 변전소 인입경간 등 단경간(short span)에 대하여 단경간 보정 필요 여부를 검토하고 creep 보정과 단경간을 보정하여 기술자료를 계산하는 프로그램으로 고·저온계의 기술자료와 단경간 보정 조건과 미보정 조건을 적용한 기술자료를 동시에 계산하는 프로그램이다.[1][4][5]

4.1.6 임의전선 기술자료 계산 프로그램

임의전선 기술자료 계산 프로그램은 우리 나라에서 사용되고 있는 표준규격전선 이외의 비표준 전선 또는 신개발 전선 등에 대하여 전선제원과 특성을 직접 입력하여 기술자료를 계산하는 프로그램으로, <임의전선 고·저온계 기술계산 프로그램>은 풍압하중과 전선온도 조건을 임의로 적용하여 이도와 장력을 계산할 수 있다. <임의전선 임의조건 기술계산 프로그램>에서는 비표준전선에 대하여 사용자가 임의로 정하는 전선종압, 전선온도, 착설조건에 대하여 전선하중과 부하계수, 장력과 이도를 계산하며, <임의전선 임의온도 기술계산 프로그램>은 등가경간별, 온도별 장력과 이도를 계산하는 프로그램이다.

4.3 송전선로 기별명세 DB 관리시스템

송전선로 전체 경간에 대하여 기술자료를 일괄 계산하는 연속경간의 고·저온계 조건과 사용자가 정하는 임의 조건, 임의온도별 기술계산 프로그램을 실행하려면 해당 송전선로의 기별명세가 사전에 DB로 생성되어 있어야 한다. 기별명세 DB 관리시스템은 송전선로의 기별명세를 DB로 생성하고 검색과 수정, 추가, 삭제, 인쇄하는 시스템이다. 또한 기존 송전선로의 설비정보 관리시스템인 '송전운영시스템'에 등재되어 있는 기별명세를 Excel File로 down 받아 Visual Basic 6.0의 기본 DB인 System file(*.mdb)로 변환하여 사용할 수 있다.

4.4 전선기술자료

전선기술자료실은 전선자료실, 전선용량자료실, 풍압자료실로 구성되어 있으며, 현재 우리나라에서 사용 중인 송전선로용 표준규격전선 12종(ACSR, ACSR/AW, TACSR, TACSR/AW, HACSR, HACSR/AW, HTACSR, HTACSR/AW, STACIR, STACIR/AW, HSTACIR/AW, AWS) 86개 규격 전선에 대한 제원과 특성자료, 전선허용온도 자료를 제공하며, 전선의 전기적, 기계적 특성과 물성자료, 그리고 연속허용전류와 단시각, 순시허용전류 자료를 검색할 수 있다. 또한 지역별 기준속도압, 전선표준종압, 애자표준종압, 전선종력계수 등 송전선로 설계기준을 검색할 수 있다.

4.5 송전기술자료

송전기술자료실은 송전설계를 위한 설계 기술자료와 시공 기술자료를 제공하는 module이다. 송전기술자료실에서는 본 시스템에서 사용하는 이도용어에 대한 해설과 단경간 보정을 포함한 이도설계 절차 해설 및 이도계산식에 의한 이도기술자료의 계산, 송전선로 종단도에 의한 이도기술자료의 계산, 전압·도체수별 애자장치도, 가공지선 지지장치도 및 소요 금구자료, 가선공사에 사용되고 있는 송전장비의 용도와 사용방법을 사진과 도면으로 자료를 제공하고 있으며, 각 프로그램별로 송전설무자료를 제공하는 기능을 포함하고 있다.

6. 결 론

송전선로의 설계 및 시공을 위한 기술자료는 매우 복잡한 수식으로 계산되어 수계산으로는 거의 불가능하였으나 우리나라에서 사용 중인 표준전선 12종 86개 규격의 전선특성을 database하고 개정된 송전선로 설계기준을 적용하여 송전기술자료를 쉽게 계산할 수 있도록 본 시스템을 개발함으로써 송전선로의 건설 및 유지보수, 송전설비 운영에 대한 설계·시공·관리업무에 대한 기술자료를 지원할 수 있을 뿐 아니라 철탐형 및 애자련형 결정, 이도설계, 가선공사 시공자료, 설비고장분석 자료 등으로 광범위하게 활용할 수 있게 되었다. 본 시스템은 대화형 창, 메뉴선택 기능 등을 채택하여 사용자 편의 위주로 개발되었으며 설계기준 데이터를 자동 제공함으로써 입력항목을 최소화하여 초보자도 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 향후에는 본 시스템에 애자장치 기술자료, 설비관리 기술자료 계산시스템이 추가 개발되어 종합적인 기술계산 시스템이 구축되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한전설계기준 (절연협조기준, 철탑설계기준, 전선선정기준, 이도설계기준, 애자장치기준), 한국전력공사, 2004.3.
- [2] 송전기술계산시스템 개발 최종보고서, 한국전력공사, pp7~252, 2003.12.
- [3] 송전기술계산시스템 사용자 지침서, 한국전력공사, pp6~274, 2003.12.
- [4] 架空送電設計の手引, 東京電力, pp373~436, 1993.4.
- [5] 架空送電線の地盤, 電力社, pp4~176, 1953.10.