

송전선 상시 운전 시 통신선 유도전압 계산 시뮬레이터 개발

한웅*, 권오상*, 허정웅*, 김철환*, 정창수**, 유연표**
*성균관대학교, **한국전력공사

Development of the Simulator for Induced Voltage Calculation to a Communication Line from a Power Transmission Line

Woong Han*, O. S. Kwon*, J. Y. Heo*, C. H. Kim*, C. S. Jung**, Y. P. Yoo**
*SungKyunKwan University, **KEPCO

Abstract - 본 논문에서는 송전선 상시 운전 시 통신선에 미치는 유도전압 계산 시뮬레이터를 개발하였다. 본 시뮬레이터는 Visual C++를 이용하여 개발되었으며, 송전탑 및 도선의 데이터들을 입력함으로써 통신선 유도전압을 계산할 수 있다. 또한, 본 시뮬레이터는 EMTP 프로그램을 내장하여 동작하며 GUI 방식으로 설계되어 보다 손쉽게 유도전압을 계산할 수 있다.

1. 서 론

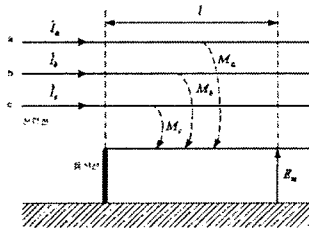
전력선의 유도현상에 의한 유도전압은 상시 운전 시의 상시 유도전압과 고장 등과 같은 과도 시의 이상 유도전압으로 구분된다. 국내에서는 송전선에서 발생하는 전계에 관련된 많은 연구가 수행되었으나, 자계의 해석과 이로 인한 유도 결합 장애에 관한 연구는 최근 진행되고 있는 실정이다. 그러므로 송전선 지락 고장 시와 같은 이상 시 유도전압에 대한 연구는 많이 제시되어 있으나, 상시운전 시 통신선 유도전압에 대한 법적제한이 없어 이에 대한 상시 유도전압에 대한 기준설정 및 해석기법 개발이 필요하다.

범용성이 높은 EMTP 프로그램을 사용하여 송전선 상시 운전 시 통신선에 미치는 유도전압을 구하기 위해서는 송전탑 및 도선의 제원 데이터를 이용하여 직접 EMTP 데이터 카드를 작성할 수 있는 전문 지식이 요구된다. 따라서 송전선 상시 운전 시 통신선에 미치는 유도전압을 계산하는 방법은 초보 사용자들에게는 시간이 많이 들고 어려움이 따른다. 이를 쉽고 간편하게 처리할 수 있는 프로그램의 개발이 요구되어 EMTP를 이용한 유도전압 해석 기법[1]을 토대로, 본 논문에서 소개하는 유도전압 계산 시뮬레이터를 개발하였다.

2. 본 론

2.1 유도전압 현상

전력선에 전류가 흐르면 주변에 자장이 생겨서, 이 자장내에 있는 통신선에 자기적 결합에 의한 전자 유도 전압을 유기한다. 정상시의 3상 교류전류나 왕복 2선의 단상 교류에서는 매우 큰 유도는 없으나, 지락 고장 등의 경우의 영상 전류나 상시의 고조파 잔류 전류는 대단히 큰 영향을 준다[2].



〈그림 1〉 유도전압 현상

송전선과 통신선 사이에 그림 1과 같이 양선간의 상호인덕턴스 $M[H/m]$ 이 존재하고, 양선의 병행거리가 $l[m]$ 일 때의 전자유도전압 $E_m[V]$ 는 그림에서 $M_a = M_b = M_c = M$ 이라 하면, 다음 식 (1)과 같다.

$$E_m = j\omega M l (\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c) = j\omega M l \times 3\dot{I}_0 \quad (1)$$

식 (1)과 같이 전류가 불평형인 경우에 대지귀로 전류인 영상전류 \dot{I}_0 에 의하여 전자유도가 생긴다. 그러므로 전류가 거의 평형되어 있는 상시에는 전자유도는 별문제가 없지만, 1선 지락 시와 같이 영상 전류가 크게 되면 E_m 도 커진다. 식 (1)의 $3\dot{I}_0$ 를 전자유도를 생기게 하는 전류라는 뜻에서 기유도전류(inducing current)라 한다. 물론

상식에서 $3\dot{I}_0 = 0$ 이더라도 전력선의 연가가 불충분하여 $M_a \neq M_b \neq M_c$ 이면 상시 전자유도전압이 발생한다[3].

2.2 유도전압 계산 시뮬레이터의 설계

본 시뮬레이터는 객체지향 프로그래밍 기법으로 설계된 프로그램으로 윈도우 애플리케이션 개발을 위한 도구중의 하나인 Visual C++를 이용하였으며, MFC(Microsoft Foundation Class)를 기반으로 제작된 프로그램이다. 이러한 시뮬레이터의 개발 환경은 표 1과 같다.

〈표 1〉 시뮬레이터의 개발 환경

O S	Windows 2000 Professional
TOOL	Visual C++ 6.0
기 타	한글 2002 SE, EMTP/ATP 프로그램

2.2.1 객체지향 프로그래밍

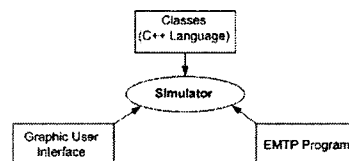
객체지향 개념이 나오기 전까지 사용되어온 구조적 방법론에 의한 소프트웨어 시스템은 문제 해결을 위한 프로시저를 위주로 개발되었다. 따라서 데이터들은 프로시저에 사용되는 피동적인 대상을 취급되어왔다. 그렇기 때문에 현실세계의 문제를 표현함에 있어 한계가 있고 자료구조의 변경 시 처리변경의 과급범위를 제한할 수 없다. 또한 유사한 코드 개발 시 혼란성과 복잡성을 가중시키게 되며 데이터를 다루는 함수들을 체계적으로 관리하기가 힘들게 된다.

반면에, 객체지향 시스템에서는 데이터를 다루는 프로시저를 하나로 묶어 객체(object)라는 개념을 사용하여 실제계를 표현하고 모델링한다. 따라서 객체지향 시스템에서는 데이터와 이를 다루는 프로시저를 분리하여 생각하는 대신에, 객체지향 시스템에서 전체 시스템은 각각 자체 처리 능력이 있는 객체로 구성되며, 이 객체들간의 상호 정보 교환에 의해 시스템이 작동하게 된다. 객체를 이용하기 때문에 실제계의 문제를 프로그램으로 옮겨놓는 과정이 자연스럽게 진행되며 요구정의 명세변경에 유연하게 대응할 수 있고 상속(inheritance)개념을 이용해 각 개발 단계의 산출물을 재이용할 수 있다. 또한 객체지향 기법 자체가 상향식 개발 방식을 사용하기 때문에 소프트웨어의 원활한 분산 개발과 지적 지원을 가능하게 한다[4].

따라서, 객체지향프로그래밍(OOP:Object-Oriented Programming)은 실제계의 모든 개체가 단일 개념의 객체로 모델링될 수 있으므로, 객체는 데이터를 저장하고 그 데이터에 대한 연산을 제공하는 독립적인 단위가기 때문에 데이터 추상화 개념을 효과적으로 지원할 수 있다[5].

2.2.2 시뮬레이터의 구성

본 시뮬레이터의 전체적인 구성은 그림 2와 같으며, C++코드로 이루어져있는 클래스들, Visual C++를 이용하여 구현된 GUI 방식의 화면 구성, 그리고 시뮬레이터에 내장되어있는 EMTP 프로그램으로 되어있다.



〈그림 2〉 시뮬레이터의 구성

2.3 유도전압 계산 시뮬레이터의 동작

2.3.1 시뮬레이터의 특징

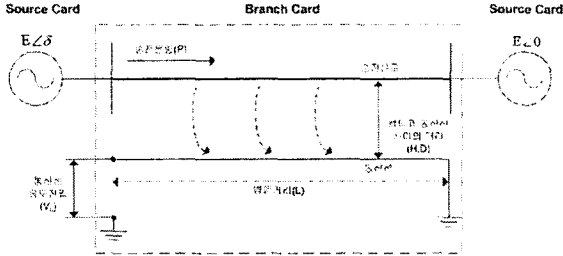
본 시뮬레이터는 송전선 상시 운전 시 병행하는 통신선 유도전압을 계산하는 시뮬레이터로써, 세부적인 특징은 다음과 같다.

- ① 유도전압을 구하기 위해 필요한 시뮬레이션 조건들(철탑 종류, 도체 중

- 류, 철탑 높이, 통신선 높이, 철탑과 통신선의 이격거리와 병행거리, 송전 용량, 대지고유저항)의 간단한 입력만으로 유도전압을 구할 수 있다.
- Single simulation 모드에서는 하나의 조건에 대한 시뮬레이션 결과가 RMS로 시뮬레이터 화면에 출력된다.
 - Multi simulation 모드에서는 구간 조건에 대한 다수의 시뮬레이션을 수행할 때 실행되며 시뮬레이션 결과 값들에 대한 표와 그래프가 생성된다.

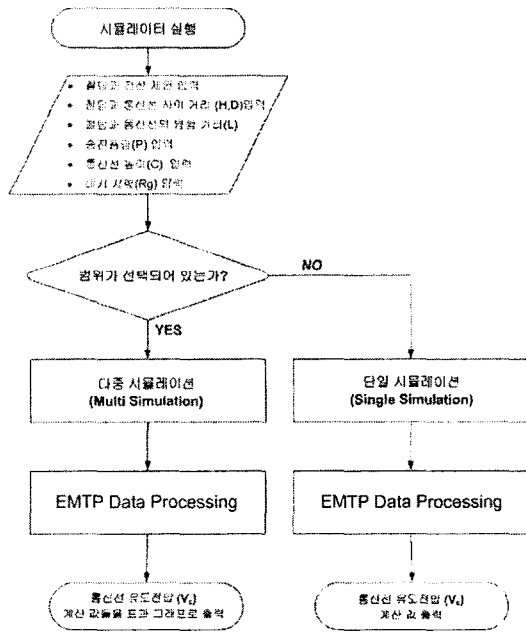
2.3.2 시뮬레이터의 동작 원리

본 논문에서 새로이 개발된 시뮬레이터는 EMTP를 이용하여 그림 3과 같은 모델 계통을 구성하여 사용하였다.



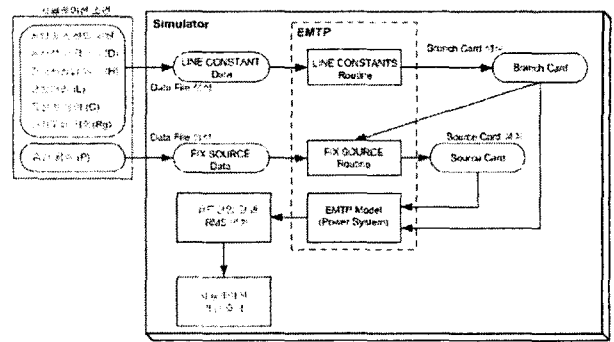
〈그림 3〉 EMTP를 이용한 모델 계통

그림 4는 시뮬레이터의 전체적인 동작 순서를 나타내었다. 그림 4에서처럼 본 유도전압 계산 시뮬레이터는 시뮬레이션 조건을 입력하고 범위 선택 유무에 따라서 Single simulation 모드와 Multi simulation 모드가 있다. 두 방법 모두 동작원리는 동일하지만, 시뮬레이션 실행 수와 결과의 출력 방법은 다르다.



〈그림 4〉 유도전압 계산 시뮬레이터의 동작 순서도

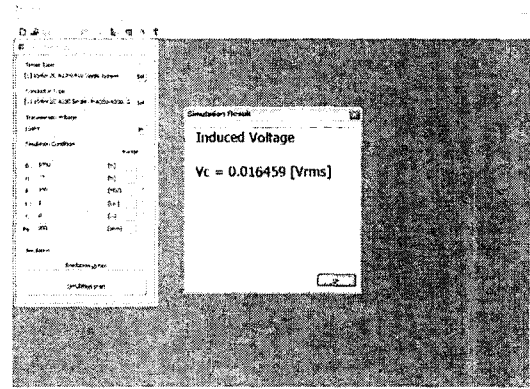
본 논문에서 새로이 개발된 시뮬레이터는 EMTP와 연동하여 동작하도록 설계되어있다. 사용자가 시뮬레이션에 필요한 조건 데이터를 시뮬레이션 조건 입력 윈도우에 입력하여 시뮬레이션을 실행하면, 시뮬레이터 내부에서는 EMTP의 LINE CONSTANTS Routine과 FIX SOURCE Routine에서 필요한 입력 데이터 파일이 자동적으로 생성되고, EMTP 프로그램 처리를 통해 Branch Card와 Source Card가 생성된다. 이렇게 생성된 Branch Card와 Source Card를 이용하여 EMTP 모델계통을 구성한다. EMTP 프로그램은 최종적으로 만들어진 EMTP 모델계통 데이터를 처리하여 유도전압 파형을 산출하고, 산출된 유도전압 파형은 시뮬레이터 내부에서 RMS로 변환하여 결과 값으로 저장된다. 이러한 시뮬레이터의 동작도는 그림 5와 같다.



〈그림 5〉 유도전압 계산 시뮬레이터의 동작도

2.3.3 시뮬레이션 결과

본 시뮬레이터는 Single simulation 모드와 Multi simulation 모드가 있다. 그림 6과 같이 Single simulation 모드에서는 하나의 시뮬레이션 조건에 대한 유도전압 계산 값을 하나의 출력 윈도우로 나타내고, Multi simulation 모드에서는 선택된 범위에 대하여 Single simulation을 반복 수행하여 다수의 데이터 결과들을 구간별로 보기 쉽게 표와 그래프로 출력된다. 또한, 이때 표는 한글 2002 SE 콤포넨트를 사용하여 HWP 파일로 저장된다.



〈그림 6〉 Single simulation 결과 출력

3. 결 론

EMTP 프로그램을 기반으로 송전선로가 통신선에 미치는 유도전압을 계산하는 방법은 EMTP 전문지식이 필요하고, 데이터 카드를 직접 작성해야 하는 불편함이 있다. 본 논문에서 개발된 유도전압 계산 시뮬레이터는 EMTP 프로그램이 내장되어 시뮬레이터와 연동 동작하도록 설계 되어 있다. 따라서, 사용자가 직접 EMTP 데이터 카드를 작성할 필요가 없으며, 초보 사용자도 쉽고 간단하게 EMTP 프로그램을 기반으로 한 시뮬레이션 결과 값을 산출할 수 있다. 또한, GUI 방식으로 설계되어 사용자가 사용하기 쉽다. 본 시뮬레이터로 계산된 유도전압 데이터들을 활용하여 유도전압을 고려한 효율적인 송전선로 건설, 송전선 건설 사업, 계통설비 확충 및 유도전압 경감에 기여 할 것이며, 송전선 상시 운전 시 유도전압에 대한 대책 수립에도 기여 할 것이다. 또한, 본 논문에서 사용한 EMTP 연동 방식은 송전선 이외의 다른 전력설비 부분에서도 응용할 수 것이다.

[참 고 문 헌]

- "Alternative Transients Program ATP Rule Book", EEUG, Canadian/American EMTP user Group.
- 김상남, 김창일, 손광명, 심상홍, 임용춘, 최효상, "송배전 공학", 북스힐, 2004.
- 남상천, 조무제, 임재윤, 지평식, "신편 송배전 공학", 한울출판사, 2000.
- 김신홍, "새로운 소프트웨어 개발기법의 소프트웨어 공학", 내하출판사, 2002.
- 김용성, "Visual C++ 6 완벽가이드 2nd Edition"영진닷컴, 2004.