

IEC 60909 기반의 고장 전류 계산을 위한 응용 프로그램 개발

한종훈\*, 장길수\*, 박창현\*\*  
고려대학교\*, 부경대학교\*\*

Development of window application for fault current calculation by IEC 60909

Jong hoon Han\*, Gilsoo Jang\*, Chang-Hyun Park\*\*  
Korea University\*, Pukyong National University\*\*

**Abstract** - 개발된 프로그램은 C++ 언어를 사용하여 객체지향 프로그래밍 (Object Oriented Programming) 개념에 맞추어 설계되었다. C++ 과 같은 OOP 언어는 클래스 정의, 연산자 오버로딩, 상속, 캡슐화와 같은 차별적인 특성을 가지고 있어 대규모 프로그램의 작성과 관리에 매우 효과적이다. 전력 계통의 각 구성 요소들은 클래스로 설계 되었으며 계산 모듈 또한 별도의 클래스로 디자인 하여 향후 프로그램 개선과 확장을 용이하게 구현하였다. 개발된 프로그램은 편리한 Graphic User Interface (GUI)를 제공하기 위해서 Windows Application Programming Interface (API)와 Microsoft Fundamental Classes (MFC) 등을 이용하였으며 Microsoft Visual Studio.net 을 이용하여 컴파일 되었다 [1].

1. 서 론

전력 계통에서는 다양한 원인에 의해 사고가 발생하고 있으며 사고로 인한 문제를 최소화 하고 원활하고 계속적인 전력 공급을 위해서는 신속한 사고 제거가 이루어져야 한다. 이러한 사고로부터 계통을 보호하기 위해 보호계전기, 차단기, 리클로저, 퓨즈 등 다양한 보호 기기들이 설치 운용되고 있으며 이러한 기기들의 효과적인 설치와 운용을 위해서는 적절한 용량 선정 및 세팅이 필요하다. 보호계전기의 설정 및 차단기 등의 용량 결정을 위해서는 사고로 인한 계통내 전압 분포 및 사고 전류 계산이 기본적으로 이루어져야 한다. IEC-60909 규격에 따른 고장 전류 계산 방법의 분석을 수행하여 객체지향 기반의 고장 전류 계산 프로그램을 개발하였다.

2. 본 론

2.1 IEC 60909 규격 고장전류

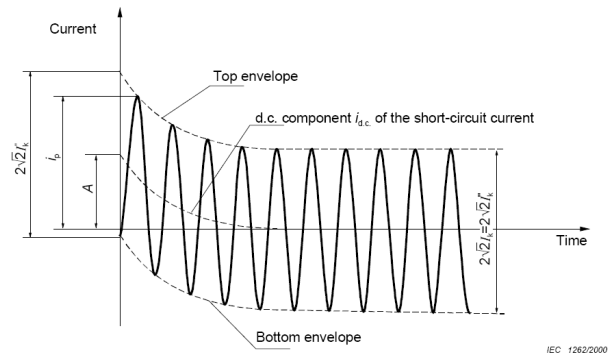
고장전류는 전력계통의 어느 한 지점에서의 사고로 인하여 계통내에 흐르는 전류를 말하며 IEC-60909 규격은 공칭 주파수 50 또는 60Hz, 공칭전압 550kV미만의 교류계통에서의 단락 전류 계산 방법을 기술하고 있다. 다음과 같은 단락전류 성분들의 계산 방법을 소개하고 있다[2].

- 초기 대칭 단락 전류 : initial symmetrical short-circuit current
- 피크 단락 전류 : peak short-circuit current (방법 A, B, C)
- 단락 전류의 직류 성분 : d.c. component of short-circuit current
- 대칭 단락 차단 전류 : symmetrical short-circuit breaking current
- 비대칭 단락 차단 전류 : asymmetrical short-circuit breaking current
- 정상상태 단락전류 : steady-state short circuit current

2.1.1 고장 전류 계산의 개요

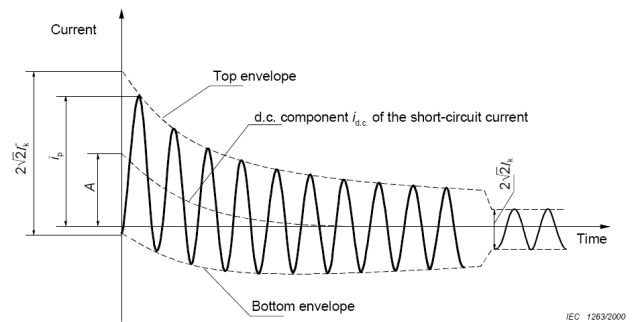
단락 지점과 발전기 사이의 전기적 거리에 따라 원격 발전기 단락 (far-from generator short circuit)과 근접 발전기 단락 (near-to generator short circuit) 경우를 구분한 단락 전류 계산 방법이 있다.

원격 발전기 단락 (far-from generator short circuit)의 경우 단락 전류의 초기 교류성분의 크기가 일정하게 유지되어 감쇠가 없는 상태를 의미하며 전형적으로 <그림 1>과 같은 형태를 가진다.



<그림 1> 원격 발전기 단락 전류 교류성분의 특성[2]

근접 발전기 단락 (near-to generator short circuit)의 경우 단락전류의 교류성분 감쇠가 있는 상태를 의미하며 전형적으로 <그림 2>와 같은 형태를 가진다.



<그림 2> 근접 발전기 단락 전류 교류성분의 특성[2]

정확한 고장 전류 계산을 위해서는 모든 계통 구성 요소들의 과도 특성을 반영해야 할뿐 아니라 계통의 운전 상태 및 조건 등 여러 변수를 고려해야 하지만 이는 현실적으로 매우 어려운 일이기 때문에 실제 단락 전류계산에 있어서는 오차가 크게 발생하지 않는 범위에서 아래와 같은 가정을 두어 계산을 단순화하고 다양한 계수들을 정의하여 사용하고 있다[2].

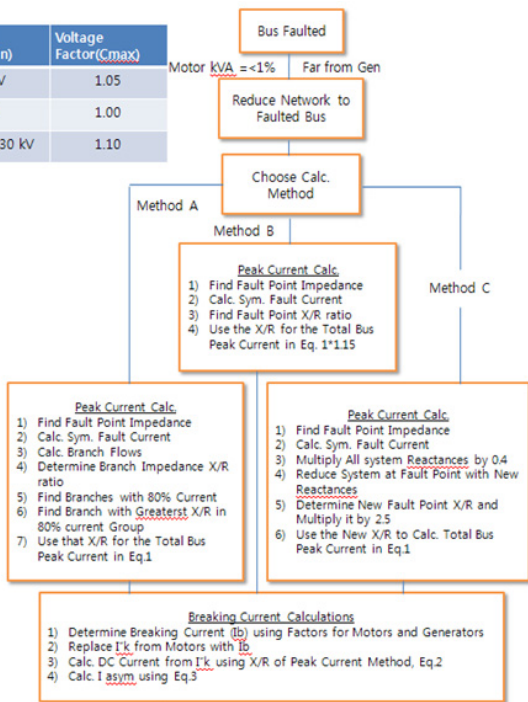
- 1) 단락 사고 동안의 사고 (단락) 형태는 변하지 않는다. 예로서, 3상 단락 사고동안은 3상 단락만 지속되며 다른 형태의 단락으로 변하지 않는다고 가정한다.
- 2) 단락 사고동안 계통 구조의 변화는 없다.
- 3) 변압기의 임피던스는 탭 전환기(tap-changer)가 주 위치에 있을 때의 값을 가정한다. 이외의 위치는 변압기 임피던스 보정 계수  $K_T$ 를 사용한다.
- 4) 아크 저항은 무시한다.
- 5) 모든 선로의 capacitance 및 shunt admittance, 정적부하 (비회전 부하)는 무시한다.

## 2.2 고장 전류 계산 응용 프로그램 개발

개발된 프로그램은 IEC-60909 기반의 단락전류 계산을 위한 편리한 인터페이스를 제공한다. 개발된 프로그램의 메인 화면의 구성은 아래와 같다.

- 메뉴바 : 윈도우에서 제공하는 기본적인 인터페이스이며, 파일 입출력 및 편집에 대한 간단한 메뉴들을 제공한다
- 툴바 : 윈도우즈 프로그램의 기본 인터페이스로 본 프로그램에서는 4개의 툴바 그룹을 구현하였다. 새로 만들기, 파일 불러오기, 저장하기, 도움말을 수행하기 위한 툴바 그룹과 계통 편집 및 데이터 입력을 위한 툴바 그룹, 단락전류 계산 및 시뮬레이션을 위한 그룹, 화면 제어와 모드 변경을 위한 그룹으로 구성되어 있다.
- 메인 윈도우 : 계통을 편집 메뉴를 이용하여 메인 윈도우에 구축하고 단락전류 계산 및 다양한 모의를 수행하여 그 결과를 보여 준다.
- 데이터 입력 및 편집 모듈 : 개발된 프로그램은 데이터 입력과 계통 편집을 위한 편리한 인터페이스를 제공한다. 각 컴포넌트의 데이터를 입력한 후 마우스를 이용하여 계통을 구성할 수 있도록 구현하였다.

Nominal Voltage(Un)	Voltage Factor(Cmax)
100-1000V	1.05
230/400V	1.00
>1kV to 230 kV	1.10



$$Eq. 1: i_{peak} = \sqrt{2} I_k (1.02 + 0.98 e^{-3t/XR})$$

$$Eq. 2: I_{DC} = (I_k / X) \sqrt{2} e^{-(2t/XR)}$$

$$Eq. 3: I_{b,ASYM} = \sqrt{I_{DC}^2 + I_{AC}^2}$$

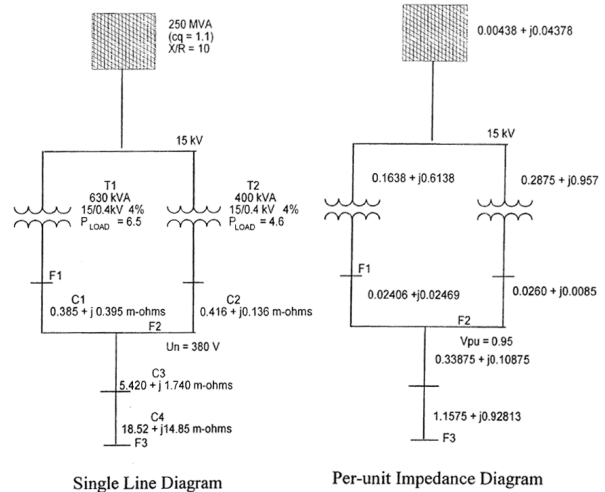
<그림 3> IEC 60909 고장전류 계산 흐름도[1]

### 2.2.1 사례 연구

IEC-60909 규격을 이용하여 원격 발전기 고장전류 계산을 위한 예제 계통에 대해 시뮬레이션 하였다. Base MVA 및 base kV를 각각 10 MVA와 15kV, 0.4kV로 하여 per-unit 임피던스 값을 작성한다. <표 1>은 개발된 프로그램으로 3개 모선에 대한 3상 사고시 고장 전류 계산을 시뮬레이션한 결과와 IEC 60909에 의한 계산 결과를 비교하여 보여준다.

<표 1> 방법 B를 이용한 3상 고장시 단락전류 계산결과[1]

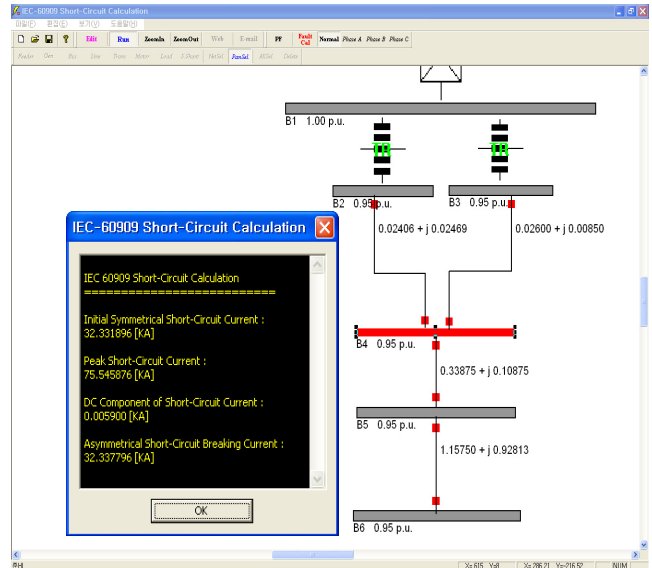
Solution Methods	Faulted Bus	$I_k'$ (kA)	$I_p$ (kA)	$i_{dc}$ (kA)	$I_{b,ASYM}$ (kA)
Standard	F1	32.81	77.37	0.008	32.81
SCCT		32.8096	77.3939	0.0084	32.8180
Standard	F2	32.33	75.55	0.006	32.33
SCCT		32.3319	75.5458	0.0059	32.3378
Standard	F3	6.595	11.326	0	6.595
SCCT		6.5953	11.3232	0	6.5953



Single Line Diagram

Per-unit Impedance Diagram

<그림 3> 원격 발전기 예제 계통 단선도[3]



<그림 4> 원격 발전기 예제 계통 사고 모의

## 3. 결 론

전력 계통에 다양한 원인에 의해 사고가 발생하면 이상전압이 발생하고 큰 고장 전류가 흐르게 되어 여러 가지 문제가 발생하게 된다. 이러한 사고로부터 계통을 보호하기 위해 보호 계전기, 차단기, 리클로저, 퓨즈 등 다양한 장비들이 설치 운용되고 있다. 이러한 장비들의 효과적인 설치와 운용을 위해서는 적절한 용량 선정 및 세팅이 필요하며, 보호계전기의 설정 및 차단기 등의 용량 결정을 위해서는 사고로 인한 계통내 전압 분포 및 사고 전류 계산이 대단히 중요하다. 이에 실제 응용 가능한 IEC 60909 표준을 기반으로 고장 전류 산정 모듈을 개발하였다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2007-2-055) 주관으로 수행된 과제임.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한중훈, 장길수, 박창현, "Development of a windows application for short-circuit analysis based on IEC 60909", ICEE, 2008 개제예정
- [2] International Standard IEC 60909-0, "Short-circuit currents in three-phase a.c. systems-part 0: Calculation of currents", 2001
- [3] Conard St. Pierre, A Practical Guide to Short Current Calculation s, Electric Power Consultant, 2001