

전력조류계산을 위한 학습용GUI에 관한 연구

이 희 영  
전주공업대학 컴퓨터정보과

A Study on the Learning GUI for the Load Flow of Power System

Hee-Yeong Lee  
Dept. of Computer Engineering Jeonju Technical College

**Abstract** - This paper presents improved teaching and learning GUI for easily analysis tool of load flow of power system. This GUI includes not only contingency analysis function, but also calculating power loss from transmission line flow. The GUI is friendly for study for power system operation and control because picture provide a better visualizing of relationships between input parameters and effects than a tabula type result. This GUI enables topology and the output data of load flow for line outages to be shown on same picture page. Users can input the system data for power flow on the the picture and can easily see the the result diagram of bus voltage, bus power, line flow. It is also observe the effects of different types of variation of tap, shunt capacitor, loads level, line outages. Proposed GUI has been studied on the Ward-Hale 6-Bus system.

본 객체를 널리 구사하였으며 조류계산 결과 및 손실이 계통도에 표시되도록 함으로서 계통 연구자가 친근감을 가지고 편리하게 이용 할 수 있도록 하였다.

2. 본 론

2.1 전력조류계산

일반적으로 전압  $V_k$ 의 모선에 외부로 부터 전류  $I_k$ 가 주입되고 있을 경우 모선 전력방정식은 다음(1)식과 같다. [3]

$$\begin{aligned} W_k &= P_k + jQ_k \\ &= V_k \cdot I_k^* \\ &= \sum Y_{k,m} V_k \cdot V_m e^{j(\theta_k - \theta_m - \theta_{km})} \end{aligned} \quad (1)$$

여기서  $Y_{k,m}$ ,  $\theta_{km}$  : 모선 k와 m 사이의 선로에 대한 상호 어드미턴스의 크기, 각도

$V_k$ ,  $\delta_k$  : 모선 k의 전압의 크기, 위상각

1. 서 론

전력계통의 안정운동을 위해 전력조류해석에 대한 중요성이 크게 인식되고 있다. 전력계통 분석과 학습을 돕기 위하여 전력계통운용 상태를 시각화 한 프로그램들이 속속 개발되어 왔다[1-6]. 여기서는 전력조류, 전압, 기타 파라미터를 나타내기 위하여 강화된 GUI를 이용하였고, Mahadev와 Christi의 경우 “task adaptive visualization” 방법을 이용하였으며 선로부하 변화를 나타내기 위하여 변화에 대응하는 선로폭 및 색상의 사용과 발전기의 출력한계를 나타내기 위하여 원형대의 도형을 제시하였다.[4] 최근에는 멀티미디어 저작도구인 ToolBook을 활용하여 전력계통 연구의 근간이 되는 전력조류계산을 위한 해석과 실습을 위한 GUI가 제시 되었다[9]. 본 연구에서는 과거에 제안된 방식에 추가적으로 경제적 운용을 가능케 할 수 있도록 송전선로의 전력손실량을 계산하여 표시하는 기능을 포함한 개선된 GUI를 제안하였다. 연구에서는 6모선 계통을 대상으로 전력방정식을 푸는데 필요한 데이터를 계통도상에서 입력하고, 선로탈락 상정을 버

전력 방정식에서 전력은 전압의 2차식 또는 삼각함수를 포함하는 비선형의 식으로 주어지기 때문에 실제의 계산에서는 반복계산법을 이용하여 미지수에 적당한 초기값을 설정하여 전력방정식으로 부터 근사 해를 구하고 다시 이것을 전력 방정식에 대입하여 보다 정도가 좋은 근사 해를 구한다. n개의 모선의 경우 전력 방정식은 모선 전압에 관한 2n 개의 연립 비선형 방정식으로 정식화 되는데 각 모선의 유효전력, 무효전력, 전압, 상차각(  $P_n$ ,  $Q_n$ ,  $V_n$ ,  $\delta_n$  )의 4개의 변수를 포함하므로 이 중 2n개의 변수 값을 지정하면 나머지 변수의 값은 풀리게 된다. 일반적으로 전력계통에서는 발전기 라든가 부하가 접속된 모선의 전압, 또는 전류가 주어진다는 것은 극히 드물고 보통 우리가 알게 되는 것은 발전기출력, 발전기 전압의 크기이며, 부하모선에서는 부하가 실제로 소비하고 있는 유효전력과 무효전력이다. 따라서 조류계산은 이들 기지량을 사용하여 지정된 운용조건을 기초로 전력계통내의 남은 미지 변수를 수치적으로 결정해 나가는 것이다.

## 2.2 활용한 저작도구

본 연구에서는 뛰어난 기능과 사용자에 대한 편리성 때문에 본 연구의 패키지 개발의 툴로서 ToolBook을 선택하여 사용하였다. ToolBook은 윈도우 어플리케이션을 개발할 수 있는 소프트웨어로서 GUI, Event driven 프로그래밍의 특징을 지니고 있어 다른 윈도우어플리케이션과의 인터페이스 성능이 뛰어나고 시간과 노력이 절약된다. ToolBook은 멀티미디어 콘텐츠 제작목적으로 주로 사용하기 때문에 Graphical User Interface 요소를 강화하는 어플리케이션의 생성에 뛰어난 기능을 갖고 있다.[8]

ToolBook은 편집과 실행 양쪽의 영역전환이 자유스러운 구동환경을 제공하며 ToolBook의 Drawing Tool의 경우는 그래픽(graphic), 버튼(Button), 필드(Fields)와 같은 비주얼 인터페이스 어플리케이션 생성에 사용된다. OpenScript형식의 ToolBook 프로그래밍 언어를 사용하면 어플리케이션에 포함되는 객체의 속성(behavior)을 구체적으로 기술할 수도 있으며, 예로서 사용자가 어떤 어플리케이션에 있는 버튼(Button) 객체를 클릭 했을 때 반응 동작을 OpenScript로서 정의할수 있다. ToolBook은 또한 객체지향환경(Object-Oriented environment)으로서 button, fields, graphics, viewers, page, backgrounds 등의 모든 비주얼 요소를 객체(objects)로 취급한다. 모든 객체는 객체의 출현 및 특성을 정의하는 속성집합(properties set)을 갖는다. ToolBook의 저자레벨(Author level)에서 개발된 어플리케이션은 Drawing과 프로그래밍 tool을 포함하며 새로운 Books을 생성하면 pages상에서 객체의 생성 및 수정이 가능하고 OpenScript로 프로그램을 작성할 수 있다. 반면에 사용자는 개발 tool이 나타나지 않고 어플리케이션 실행에 필요한 모든 tool을 포함하는 ToolBook의 독자레벨(Reader level)에서만 어플리케이션을 실행 할 수 있다. ToolBook은 쉽게 C, C++등 다른 언어로 작성된 프로그램과의 연동이 자유로워 더욱 효과적인 GUI기반의 프로그램을 개발할 수 있는 특징을 지닌다.

## 2.3 새로운 GUI의 구조와 정보흐름 다이어그램

제시한 GUI는 멀티미디어 틀북 환경하에서 개발하였으며 주로 전력계통 조류분석을 위한 개방적이고 친근한 Graphical 툴로서 주요 특징은 다음과 같다.

- (1) 전력계통의 온라인 다이어그램 위에서 데이터 입출력이 가능하다.
  - (2) 다른 멀티미디어 어플리케이션과 전력응용 프로그램들을 이 인터페이스에 쉽게 연결시킬 수 있다.
- GUI의 구성과 정보 흐름은 다음 그림1과 같다.

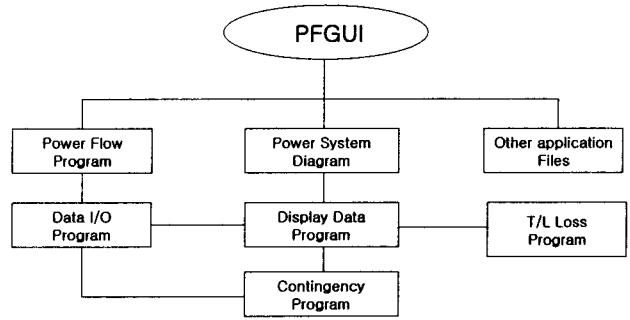


그림 1. GUI의 구성과 정보흐름도

**Power Flow Program** : 조류계산 프로그램으로 계산에 필요한 데이터는 모선전력 지정치를 계통도상에서 받아 Data I/O 프로그램을 거쳐 입력된다. 조류계산 프로그램은 독립적으로 실행될 수 있다.

**Data I/O Program** : 조류계산실행과 관련된 입 출력 자료를 계통도상에 나타내기 위한 자료 변환프로그램인 textrd.exe, textwt.exe으로 C언어로 작성 하였다.

**Line Contingency Program** : 선로의 탈락을 상정하고 선로 데이터의 변환과 입력 자료에 반영되도록 하기 위한 변환프로그램인 lout.exe을 C언어로 작성 하였다.

**Power System Diagram** : 각 모선과 선로 및 변압기의 구성 상태를 나타내는 전력 계통도로서 ToolBook의 툴 팔레트를 사용하여 작성하였다.

**Display Data Program** : 조류계산후에 얻어지는 각 모선 전압 및 모선 전력과 선로조류를 계통도위에 나타내기 위해 ToolBook을 사용하여 작성되었다.

**T/L Loss Program** : 조류계산후에 얻어지는 각 선로 조류를 이용하여 송전선로에서 발생하는 전력손실을 계산하고 이를 선로조류와 함께 계통도위에 나타내기 위해 ToolBook을 사용하여 작성되었다.

**Other application files** : 기타 관련 응용프로그램과 연결을 위한 파일

## 2.4 GUI에 대한 기능

1. 본 연구에서 제시한 GUI를 PFGUI로 명명하고 PFGUI의 소개, 조류계산개요, 시험계통도, 계통 데이터 입력화면, 조류계산 및 계산결과 화면 등을 각각 표시하기 위하여 GUI를 사용하였으며 그 초기화면을 그림2에 보인다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 선로 탈락시 조류분석을 할 수 있는 기능은 물론 경제적 운용을 가늠해 볼 수 있도록 송전선로의 전력손실량을 계산하여 표시하는 기능을 포함한 개선된 GUI를 제안하였다. 전력계통의 선로탈락의 구현이 버튼을 클릭하는 것으로 간단하게 이루어지며, 파라메터도 계통도위에서 입력되고 시각적으로 표시된다. 계산 결과는 원인과 영향의 관계성을 나타내기 위하여 계통도와 함께 표시되어 사용자의 이해를 더욱 손쉽게 하였다.

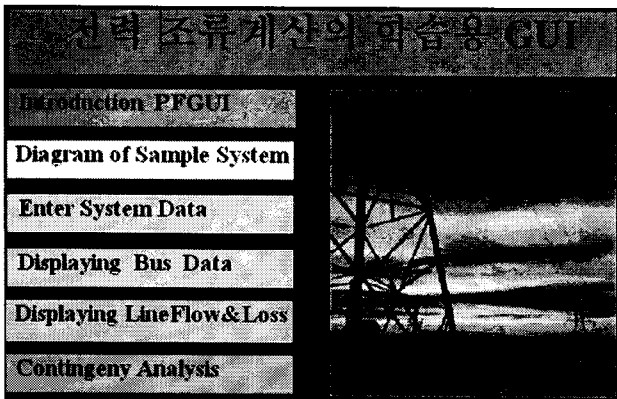


그림 2. PFGUI의 초기 화면

그림2의 초기화면에서 각각 6개의 관련 기능 페이지로 이동하도록 작성되었으며 그림3과 그림4는 각각 선로 탈락상정을 위한 자료 입력과 그때의 선로조류와 송전손실을 나타내는 화면이다.

#### [참 고 문 헌]

1. D. C. Yu, H. Liu "A GUI Based Visualization Tool for Sequence Networks", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 13, No. 1, February 1998.
2. Weiguo Xing, Yixin Yu, "A PC-based distribution automated mapping/facility management system", Electrical Power & Energy Systems, vol. 20, No.6 pp.405-409, 1998
3. T. J Overbye et al, "Visualizing Power System Operations in the Restructured Environment", IEEE Computer Applications in Power, pp53-58, Jan., 1997.
4. P.M. Mahadev, R D. Christie, "Minimizing User Interaction in Energy Management Systems: Task Adaptive Visualization", IEEE Trans. on Power Systems, Vol11, No.3, August 1996.
5. J.A. Huang, F. d. Galiana, "An Integrated Personal Computer Graphics Environment for Power System Education, Analysis and Design", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.6, No.3, August 1991.
6. K. Ghoshal, L. D. Dougla, "GUI Display Guidelines Driving Winning SCADA Projects", IEEE Computer Applications in Power, January 1994.
7. G. P. de Azevedo et al, "Enhancing the Human Computer Interface of Power System Application", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.11, No.2, May 1996
8. A guide to Creating Interactive Applications Tool Book II, Asymatrix Corporation, 1996.
9. 이희영, "개선된 GUI기반의 전력조류분석용 소프트웨어개발에 관한 연구", 한국컴퓨터산업교육학회 논문집, Vol. 4., No. 10. October 2003

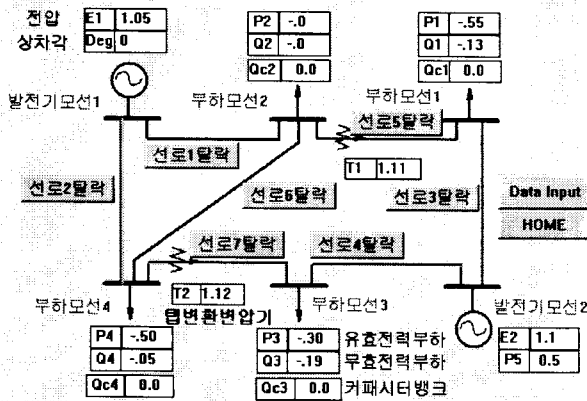


그림 3. 선로탈락시의 자료 입력 화면

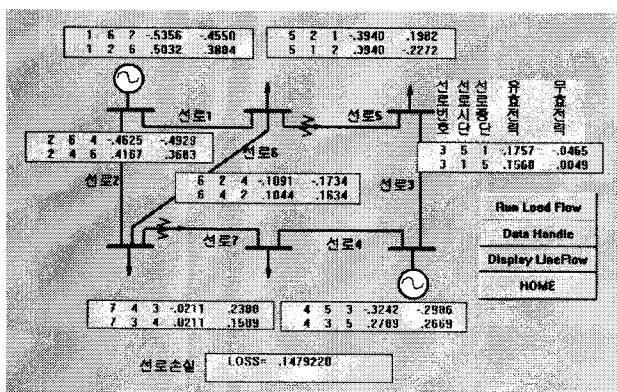


그림 4. 조류분석 및 송전손실 결과 화면