

교육용 전력 시스템 해석 소프트웨어 개발

추성호, 이주원, 이우남, 김현홍, 박종배, 신중린
 건국대학교

Development of Educational Simulator for Power System Analysis

Sung-Ho Choo, Joo-Won Lee, Woo-Nam Lee, Hyun-Hong Kim, Jong-Bae Park, JoongRin-Shin
 Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University

Abstract - This paper presents the development method of educational simulator for Power System Analysis. The developed simulator can be made the students to model, analysis of power systems by drawing the system and performing the load flow, fault analysis by themselves under window environment. The simulator has developed by using the language based on XML(extensible Markup Language). Therefore, we determine that this simulator is useful to educate the load flow and fault analysis.

1. 서 론

기존의 대부분의 전력시스템을 해석하기 위한 시뮬레이터는 수학적으로 안정한 알고리즘 개발에 초점을 맞추면서 얼마나 정확하고 빠른 결과를 도출할 수 있는가에 초점을 맞추고 있다[1]. 최근 이러한 전력계통 해석 시뮬레이터는 단순 텍스트 위주의 환경에서 사용자에게 친숙한 GUI(Graphic User Interface)환경으로 개발되어지고 있다[2-7]. 특히, Overbye 등은 컨투어(Contour) 및 3D 효과 등을 이용하여 전력시스템 시뮬레이터의 정보표현 효과적으로 전달할 수 있는 방법론을 제시하였고 윈도우 기반의 프로그램에 적용하였다[5-8].

현재 국내에서 사용되는 전력시스템 분석 소프트웨어는 대부분 해외기술에 의존하고 있는 실정이다. 또한 상용 프로그램은 가격이 비싸고 다루기가 복잡하여 교육용으로 활용하기에는 어려움이 많다. 본 논문에서는 닷넷 프레임워크(.NET Framework)[9]를 사용하여 전력계통 해석에 있어 기본적인 전력조류계산과 4가지 종류의 사고 해석을 위한 시뮬레이터를 개발하였다. 본 논문에서 개발된 시뮬레이터는 사용자들이 전력계통을 손쉽게 구성할 수 있고 시뮬레이션 결과를 명료하게 분석할 수 있는 인터페이스를 제공하였다.

2. 본 론

2.1 프로그램 모델링

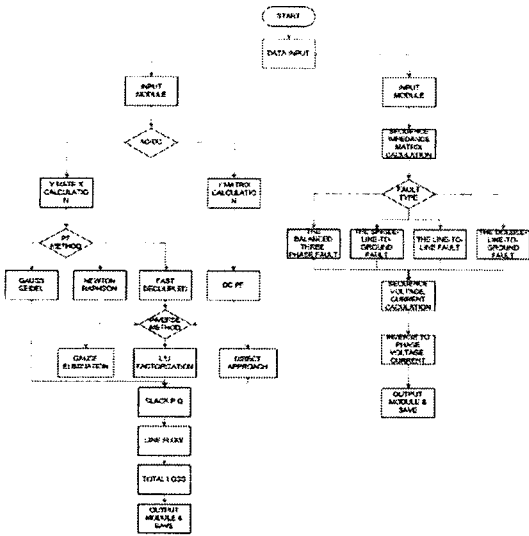
본 논문에서 개발된 시뮬레이터(이하 STEPS; Simulator for Electrical Power System)는 사용자에게 친숙한 GUI 환경을 제공하기 위하여 마이크로소프트사에서 개발한 닷넷을 사용하였으며 방대한 데이터를 효율적으로 관리하고 처리하기 위해 분산처리 기술을 사용하였다. [9]. 그리고 시스템의 구조를 제시하기 위해 그림1과 같이 소프트웨어 구성요소 혹은 클래스의 동적인 면을 나타내는데 사용되는 시퀀스도를 중심으로 하여 구동 프로그램의 역할과 여러 응용프로그램간의 기능호출이 어떻게 이루어지는지를 제시하였다.

계통의 크기가 커지고, 구성 요소가 추가됨에 따라 조류계산에 필요한 입력데이터가 증가 하게 된다. 이러한 데이터의 증가는 조류계산의 시간을 증가하게 만들게 되며 계통의 크기가 커지고, 구성 요소가 추가됨에 따라 조류계산에 필요한 입력데이터가 증가 하게 된다. 이러한 데이터의 증가는 조류계산의 시간을 증가하게 만들게 되며 다른 프로그램과의 연계가 어려워 질수 있다. 그래서 본 프로그램에서는 입력데이터를 조류계산이 수행하기 전에 객체로 변환하여 이 객체를 사용하여 계산을 수행한 후 조류계산의 결과는 다시 입력데이터를 기준으로 저장하도록 하였다. 이러한 변환 과정에서 만들어진 실제데이터와 임시데이터간의 차이를 이용하여 데이터가 쉽게 변환이 가능하도록 하였다. 또한 각각의 method를 클래스로 구성하여 사용자가 선택한 부분만을 불러와서 사용할 수 있도록 하였다.

2.2 전력시스템 해석 모듈

STEPS에는 전력조류계산 모듈과 고장계산 모듈이 포함되어 있으며 동일한 사용자 지정 입력값들에 대하여 두 가지 계산을 각 모듈을 통하여 독립적으로 실행시킬 수 있으며 그 결과 또한 원하는 계산 결과를 독립적으로 분석할 수 있게 하였다. 그리고 그래픽 에디터는 사용자가 친숙한 GUI 환경에서 사용하기 편한 one-line diagrams으로 개발하였다. 사용자가 계통을 구성하기 전에 아이콘을 선택하여 오른쪽 버튼을 클릭하면 context menu가 나타난다. 이 메뉴 중 help를 선택하면 아이콘의 사용방법과 속성에 대하여 슬라이드를 통하여 설명으로 방법을 숙지한 후 아이콘을 사용하여 워크스페이스에 전

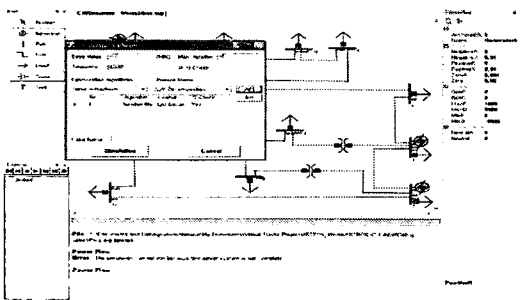
력시스템을 구성할 수 있다. 아래의 그림 1은 본 프로그램의 순서도이다.



<그림 1. STEPS의 순서도>

2.2.1 조류 계산 모듈

사용자가 실행환경을 설정할 수 있는 메뉴로 Run을 클릭하면 Method Select Window가 생성된다. 이 Window에는 아래의 그림 2에서와 같이 조류 계산 시 주로 사용되는 4가지 방법론("Newton-Raphson Method"[10], the "Gauss-Seidel Method"[10], the "Fast-Decoupled Method"[10], the "DC Power Flow Method"[11])중 하나 또는 4가지를 동시에 선택 할 수 있으며 inverse matrix 또한 "Gauss-Elimination Method", the "L/U Factorization Method", "Classical"중 하나 또는 3가지를 선택할 수 있다. 사용자는 결과를 'Report' menu에서 확인 할 수 있다. 메인화면의 "Output Window"에서는 계통 구성의 에러를 사용자가 바로 확인 할 수가 있다. 예를 들면 슬랙모션을 선택하지 않을 시 에러 메시지를 통해 사용자의 실수를 바로 고칠 수 있게 도와준다.



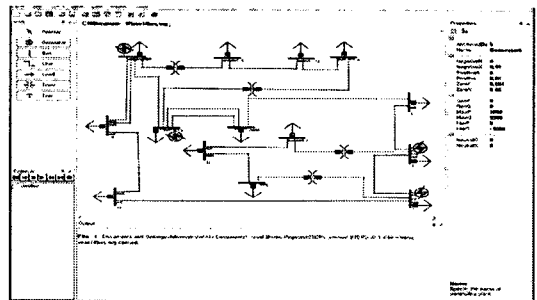
<그림 2. 전력 조류계산 방법의 다양한 선택>

저장방식으로는 XML의 개방성, 상호운용성 등의 장

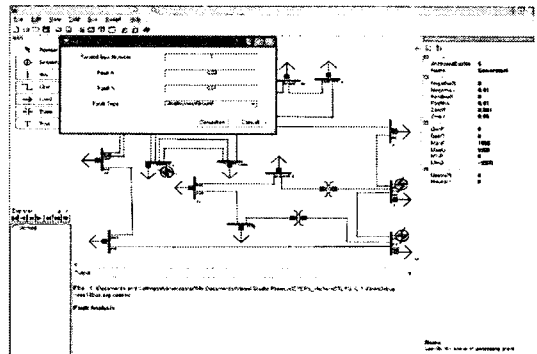
점을 벡터 그래픽에 모두 수용할 수 있고 그래픽에 대한 검색의 용이 등을 위해 SVG를 채용하였다. 또한 결과데이터를 Excel과 text 형태로도 저장이 가능하다. 여러 가지 형태로 저장 할 수 있으므로 사용자가 가장 단순한 형태로도 자신의 데이터를 확인해 볼 수 있도록 하였다. [12]

2.2.2 고장 계산 모듈

사용자는 Input Module의 Property Window에서 모션 data, 선로data, 발전data, 각 Sequence Network를 입력 할 수 있으며 발전기 및 선로의 Sequence Impedance를 입력할 수 있고 또, 사용자가 원하는 위치에 고장을 실행할 수 있다. 사용자 지정 입력data를 기반으로 고장에 따른 추가 단자를 포함하여 임피던스를 재구성한 후 재구성된 임피던스를 이용, module 실행창에서의 4가지 고장 유형(3상 평형고장, 1선 지락고장, 선간 단락고장, 2선 지락고장)을 설정, 계산한다.(그림4) 사용자는 "Report" menu에서 각 단자의 Sequence Voltage, Sequence Current, Phase Voltage, Phase Current를 확인, 분석할 수 있다.[13]



<그림 3 발전기의 Sequence Impedance>



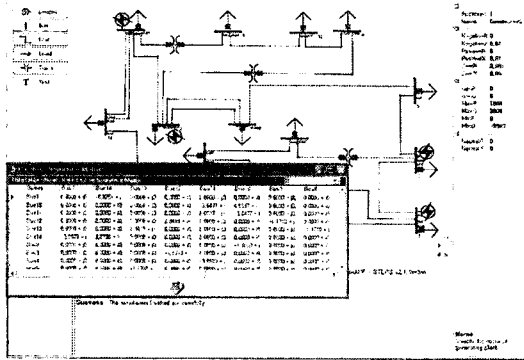
<그림 4. 고장 설정의 사용자 입력>

3. 사례연구(Case Study)

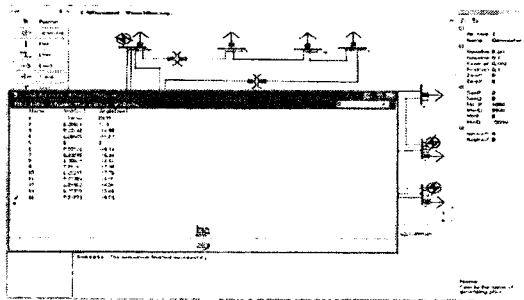
우리는 전력 조류 계산 및 고장계산에 IEEE 14모션을 선택, 구성하였다. 앞에서 언급한 각 모듈에서의 기능을

적용하여 시뮬레이션 하였다. 결과 테이블에서는 각 모선의 시퀀스 전압과 시퀀스 전류, 모선 상전압과 상전류 등을 확인할 수 있다. 사례연구로 모의 조건은 5번 모선에서의 3상 평형 사고를 모의하였고 고장 임피던스는 $0.01+j0.02\Omega$ 으로 하였다.

[참고 문헌]



<그림 5. 5번 단자에서의 고장 시 정상 임피던스>



<그림 6. 5번 단자에서의 고장 시 각 상 전압>

4. 결 론

본 논문에서는 전력계통 공학의 효율적인 교육을 위한 윈도우기반의 전력계통 시뮬레이터를 개발하였다. 개발된 프로그램은 간단하고 명료한 인터페이스를 채용하여 전력계통 공학을 전공하고 있는 학생들에게 전력조류문제의 이해도를 효과적으로 높여줄 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서 개발한 프로그램은 사용자의 모든 정보를 체계적으로 저장하여 그 결과를 그래프를 통해 보여줌으로써 차이를 명확히 보여주고자 노력하였다. 이러한 과정은 많은 저장 공간을 소비하는 단점이 있지만 변해가는 데이터를 잘 활용할 수 있으므로 사용자의 학습에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 지금까지 많은 논문에서 database을 통합하기 위해서 많은 노력을 해왔다. 이와 더불어 그림의 저장방식을 SVG를 채택함으로써 보다 완벽한 database의 통합을 구축할 수 있을거라 고 생각된다.

- [1] F. L. Alvarado, R. J. Thomas, "A brief history of the power flow", IEEE Spectrum, p.57, Feb. 2001.
- [2] J. Yang, M. D. Anderson, "Teaching tool shows results through visualization [power systems education]", IEEE Computer Applications in Power, Vol. 11, pp. 37-42, Jan. 1998.
- [3] J. R. Shin, W. H. Lee, D. H. Im "A windows-based interactive and graphic package for the education and training of power system analysis and operation power systems", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 14, pp. 1193-1199, Nov. 1999.
- [4] S. Islam, N. Chowdhury, "A case-based Windows graphic package for the education and training of power system restoration", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 16, pp. 181-187, May 2001.
- [5] T. J. Overbye, P. W. Sauer, C. M. Marzinzik, G. Gross, "A user-friendly simulation program for teaching power system operations", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 10, pp. 1725-1733, Nov. 1995.
- [6] T. J. Overbye, R. P. Klump, J. D. Weber, "Development and application of a power system simulation environment", IEEE Symposium Circuits and Systems, Vol. 3, pp. 1097-1100, 18-21 Aug. 1996.
- [7] T. J. Overbye, J. D. Weber, "New methods for the visualization of electric power system information", IEEE Symposium InfoVis, pp. 131-160, 9-10 Oct. 2000.
- [8] C. Schaffner, "An Internet-based load flow visualization software for education in power engineering," IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, pp.1415-1420, 27-31 Jan. 2002.
- [9] J. Richter, Applied Microsoft .NET Framework, 정보문화사, 2003
- [10] O. I. Elgerd, Electric Energy Systems Theory-An Introduction, Second Edition, McGraw-Hill, 1982.
- [11] A. J. Wood, B. F. Wollenberg, Power Generation, Operation, and Control, Second Edition, JOHN WILEY & SONS, INC. 1984.
- [12] 김현홍, 정운원, 양광민, 이기승, 박종배, 신중린, "교육용 전력조류계산 시뮬레이터 개발", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 2004.11.
- [13] PAUL M.ANDERSON, Analysis of Faulted Power Wyytems, IEEE PRESS Power System Engineering Series