

## 개체지향기반 안정도 해석 프로그램 개발 및 적용

박 지 호

강원대학교 전기전자정보통신공학부

## Development and Application of Power System Stability Analysis Program Using OOP

Ji-Ho Park

School of Electrical, Information and Communication Engineering, Kangwon National University

### 요 약

본 논문은 객체지향 프로그램(OOP)을 사용하여 광양제철소 전력계통의 과도안정도를 모의한다. OOP는 절차식 프로그램보다 유연한 방법으로서 동적인 시스템의 모의에 여러 가지 장점이 있다. 시스템의 변화가 있으면 프로그램 전체를 수정하는 대신 필요한 부분만을 수정하면 되므로, 프로그램의 유지 및 보수가 매우 용이하다. 본 논문에서는 OOP를 이용하여 동적인 시스템의 해석을 위한 유연한 방법을 제시하였다. 시스템을 직접 사용자가 그려서 전력조류계산과 동적 안정도를 모의할 수 있는 사용자 인터페이스를 구현하여 17기의 동기발전기와 25기의 동기전동기로 구성되는 광양제철소 전력계통의 동적 안정도 해석에 적용하였다.

**Abstract** — In this paper, we simulate the power system transient stability of Kwang Yang steel works using object-oriented programming (OOP). OOP is a more flexible method than procedural programming. There are several advantages in dynamic system simulation using OOP. The maintenance and repair of program are easy because it is sufficient to modify necessary parts which correspond to the change of system without overall change of program. We have implemented a graphical man-machine interface (MMI) that can be used draw one-line system diagram and analyze power flow and dynamic stability. The implemented MMI also provide a graphical viewer that display dynamic stability analysis results by mouse event handling. The proposed method have been applied to Kwang Yang steel works network for on-line dynamic stability analysis. The dynamic behaviour of 17 synchronous generators and 25 synchronous motors has been studied in the Kwang Yang network.

### 1. 서 론

광양제철소 전력계통은 1기 제철설비의 가동이래, 지속적인 확장과 구성상의 변경을 가져왔고 이러한 전력계통의 전력설비의 안정적 운영이라는 측면에서 많은 기술적 과제를 양산해 오고 있다.

기존의 전력계통 뿐만 아니라, 345[kV] 수전설비, 243[MVA]급 LNG 발전설비 3기의 신규 가동을 계획하고 있는 제철소는 전력계통에 대한 안정성 확인작업을 필요로 하고 있지만 1기 제철설비 도입시 구축된 에너지 전산 시스템은 그 기능이 실적수집, 가동상태 감시

와 같은 감시형 시스템으로 설계됨에 따라 전력 계통 변화에 대한 안정성 판단을 위한 기술적 지원을 실현하지 못하고 있다. 따라서 제철소가 당면하고 있는 전력계통의 변경에 대응, 전력계통의 안정 운전을 위한 에너지 전산 시스템의 기능향상 방법이 필요하다<sup>[1]</sup>.

광양제철소의 전력계통을 운영함에 있어서 운전조건에 따른 전력계통 해석기능(전력조류계산, 안정도 해석)의 온라인 적용은 공급전력의 품질 확보뿐만 아니라, 계통의 안정운전, 경제적 발전을 위한 필수적인 사항으로 판단된다. 따라서 345[kV] 수전설비, LNG 발전설비의 가동을 계획하고 있는 제철소 에너지 시스템은 운전중

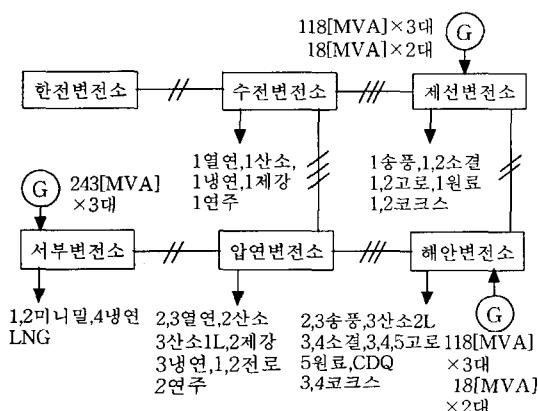
전력계통에 대한 안정도 분석과 경제적 조업 GUIDANCE 기능을 구비하여야 한다. 따라서 운전중인 전력 시스템에 대한 안정도 분석과 경제적 조업 모델이 에너지 전산 시스템을 통하여 실시간으로 제공할 수 있는 시스템을 개발하기 위해서 전력계통의 운전화면을 구성하고 온라인으로 실적 데이터를 입력받고 실시간으로 전력조류 계산을 행하고, 발전기의 안정도를 해석한다. 본 논문에서는 과도안정도 해석에 객체지향적인 모델링 방법<sup>[2]-[4]</sup>을 적용하였고, 원도우환경의 사용자 인터페이스를 구현하였다.

## 2. 본 론

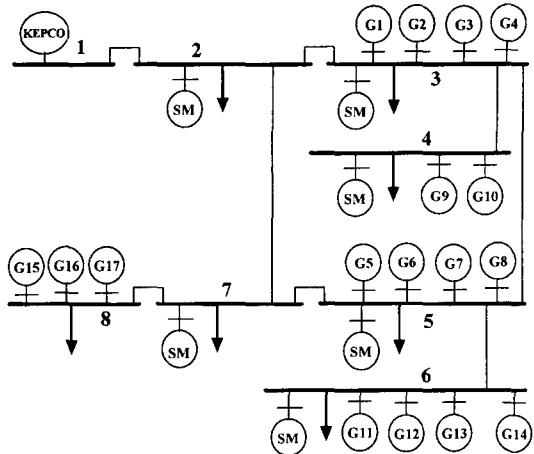
## 2-1. 광양제철소 전력계통

광양제철소의 전력계통은 Fig. 1과 같이 한전으로부터 154[kV] 송전라인과 사용전압 154[kV], 22[kV], 6.6[kV]의 배전선로로 구성되어 수전, 제선, 압연, 해안, 서부의 5개의 변전설비와 118[MVA]급 8기, 18[MVA]급 6기 그리고 243[MVA]급 3기의 빌전설비와 변압설비들로 구성되어 있다. 제철소의 부하 특성을 살펴보면, 크게 가변부하와 고정부하로 분류되고, 고정부하로서는 고로, 코크스 설비등의 선강지역 부하와 열연, 미니밀 등의 압연지역 가변부하가 있다. 전력계통의 안정운전에 영향을 미치는 가변부하의 특성을 고려한 순시최대 부하전력은 1160[MVA]이며, 최소 부하전력은 575[MW]이다. 제철소에서 소비하는 전력은 한전에서 공급받는 전력과 자체 발전소에서 생산하는 전력으로 공급되는데 발전량의 한전으로의 역송전도 가능하다.

Fig. 2는 광양제철소 전력계통의 간략하게 나타낸 단선도이다. 실제 시뮬레이션에 사용된 단선도는 123모선



**Fig. 1.** The configuration of kwang yang steel works power system.



**Fig. 2.** Simplified network.

인데, 시스템의 설명을 위하여 8모선으로 간략히 표현되어있다. 그림에서 1, 2, 3, 5, 7, 8번모선은 154 kV, 4,6 모선은 22 kV 모선이다. 1번은 한전모선으로 무한모선으로 표현한 것이고, G1~G8은 118 MVA급의 발전기이고 G9~G14는 18 MVA급의 발전기이다. 그리고 G15~G17는 LNG 발전기이다. 각 모선에는 동기전동기부하와 일반부하가 있고, 그림에서 변압기는 표시하지 않았다. 동기전동기는 각 모선에 다수가 존재하나 그림에서는 대표적으로 하나의 전동기로 나타냈다. 부하는 각 모선에 바로 연결된 것이 아니고, 변압기를 거쳐 22 kV, 6.6 kV의 모선을 거쳐 부하가 분산되어 있다. 계통은 전체적으로 볼 때 방사상식으로 보이거나 실제로는 4번 모선과 2번 모선의 22 kV의 부하모선사이, 6번 모선과 8번 모선의 22 kV의 부하모선사이 그리고 1번 모선과 8번 모선의 22 kV의 부하모선사이에 연결선로가 있으나 통상 개방상태로 운전된다.

## 2-2. 안정도해석 소프트웨어의 설계

전력계통의 안정도해석 소프트웨어의 설계에 객체지향기법을 적용하면 보다 효율적인 소프트웨어를 설계할 수 있다. 객체지향프로그램에서 객체라는 말의 의미는 실제世界的 물리적인 소자를 디지털 컴퓨터의 프로그램에서 원래의 물리적 의미를 구현한 것을 말한다. 물리적 작용을 데이터와 이를 조작하는 함수를 하나로 묶어서 모듈화를 하는 것이다. 객체들의 상호연결은 실제계의 소자들의 물리적 연결과 같은 의미를 가질 수 있다. 복잡한 시스템의 구성을 단순한 소자들의 구성으로 구현하는 것이다.

본 논문에서 이용한 전력체통 과도안정도 해석을 위한 모델링은 Fig. 3과 같이 4단계로 구성된다. 단계 1

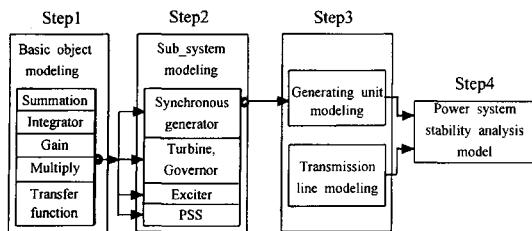


Fig. 3. Modeling steps for power system stability analysis using object-oriented method.

에서는 시스템의 기본 객체인 덧셈기, 곱셈기, 적분기, 이득기 등이 클래스로 정의되어 이외에 시뮬레이션에 필요한 객체들 즉 제한기, 수학함수처리 객체등이 정의된다<sup>[2]</sup>. 이들 기본 객체들은 한 번의 구성으로 모든 시뮬레이션에 사용할 수 있는 기본소자가 된다. 단계 2에서는 이 요소들을 사용하여 발전계통의 부시스템인 발전기, 조속기, 여자기, 안정기등이 각 기능별로 정의된다. 이들 각 부시스템들은 수많은 모델이 존재할 수 있으므로, 만약 모델의 변화가 있다면 변경된 부시스템만을 교체하면 되므로 시스템의 변화에 쉽게 대응할 수 있다. 즉 단계 2에서의 시스템 모델링이 객체지향기법의 유연성을 활용하는 것이다. 단계 3에서는 이를 부시스템을 조합하여 하나의 발전계통이 모델링된다. 이와 같은 발전계통의 모델링 방법은 고정된 방법이 아니고 객체생성의 작용으로 똑같은 기능을 가진 발전시스템을 몇 개

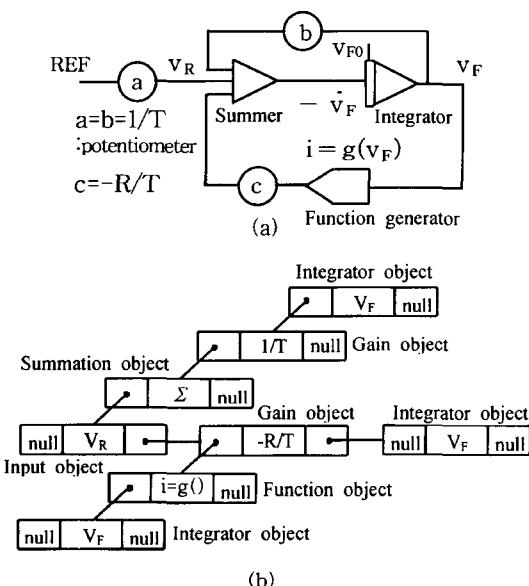


Fig. 4. (a) Analog computer configuration of Eq. (1). (b) Binary tree of basic object elements.

라도 쉽게 만들 수 있다.

식 (1)과 같은 미분방정식을 풀기 위한 방법을 그림 4에서 아날로그 컴퓨터의 구성과 디지털 컴퓨터에서의 객체의 구성을 비교하였다.

$$V_F = (V_F + V_R - RI)/T \quad (1)$$

즉 본 논문에서는 기본 객체들의 상호연결을 이진트리를 이용하여 구현하였다. 일단 이진트리의 구성이 완성되면 수치해석 방법을 적용하여 해를 구할 수 있다. 시스템을 모델링하는 식들은 미분방정식 부분과 대수방정식 부분으로 나눌 수 있는데, 이들의 상호간의 연결도 이진트리를 이용하면 구현할 수 있다. 그러므로 시스템의 상태에 따라 이진트리의 구성만 다르게하면 된다.

동기발전기의 이축모델은 식(2)~(9)으로 주어진다<sup>[6]</sup>. 이 식들도 미분방정식과 대수 방정식들로 표현되어있고, Fig. 5와 같은 이진트리의 구성이 가능하다. 즉 동적시스템의 모델링을 디지털 컴퓨터에서 이진 트리의 연결구조로 바꾸어서 표현한다. 구성된 이진트리에 대하여 이진트리처리 알고리즘과 수치해석적인 방법을 결합하면 시스템의 해석이 가능해진다.

$$E_q' = \frac{1}{T_{d0}}(E_{FD} - E) \quad (2)$$

$$E_d' = \frac{1}{1+sT_{q0}}(x_q - x_q') \quad (3)$$

$$E = E_q' + (x_d' + x_d)I_d \quad (4)$$

$$T_e = E_d'I_d + E_q'I_q - (x_q' - x_d')I_dI_q \quad (5)$$

$$V_d = -RI_d - x_q'I_q + E_d' \quad (6)$$

$$V_q = -RI_q - x_d'I_d + E_q' \quad (7)$$

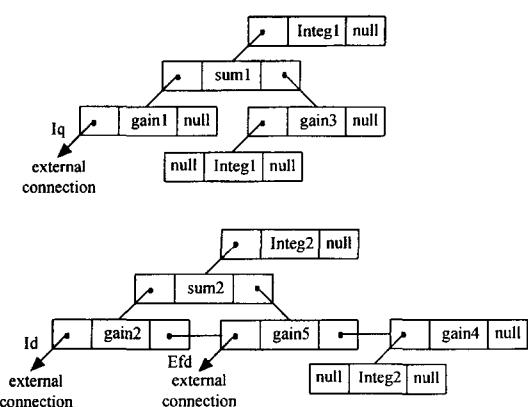


Fig. 5. Tree structure of two axis model.

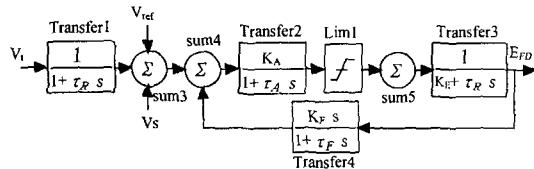


Fig. 6. IEEE type1 Excitation system.

$$\dot{\omega} = \frac{1}{M}(T_M - D\omega - T_e) \quad (8)$$

$$\dot{\delta} = \omega - 1 \quad (9)$$

Fig. 6은 본 논문에서 사용한 IEEE type 1 여자시스템<sup>[6]</sup>을 나타낸 것이다. 4개의 전달함수 Transfer 1~Transfer 4는 모두 Transfer 클래스의 객체이다. 전달함수 객체는 각 객체의 파라미터에 따라 그 내부에서 기본 객체들의 연결관계가 자동적으로 성립되도록 구성하였다.

여자시스템과 같은 부시스템도 기본 객체들의 이진트리 연결을 사용하여 모델링 할 수 있다. 사용하고자 원하는 모델의 블록선도의 각 객체의 입, 출력관계가 정확하게 주어지면 모든 객체의 연결을 이진트리로 구성하고 이것을 이용하여 연결하고자 하는 다른 객체와 연결관계만을 정하면 전혀 다른 시스템과 연결되는 것이다. 다만 선로의 모델링은 선로의 과도현상을 무시한<sup>[7]</sup> 대수 관계식을 이용하고, 다수기인 경우는  $Y_{BUS}$ 을 이용한다. Fig. 7은 하나의 발전시스템을 모의하기 위한 전체구성도를 나타낸다.

아날로그 컴퓨터 구성방식을 디지털컴퓨터의 프로그램에서 객체라는 모듈화된 단위로써 각각의 소자를 따로 모델링하고 이들의 연결의 변화로 시스템을 모델링 하므로 시스템의 모델이 변화더라도 기본 객체들의 연결만 바꾸면 모델링이 가능하다. 또한 다른 프로그램과

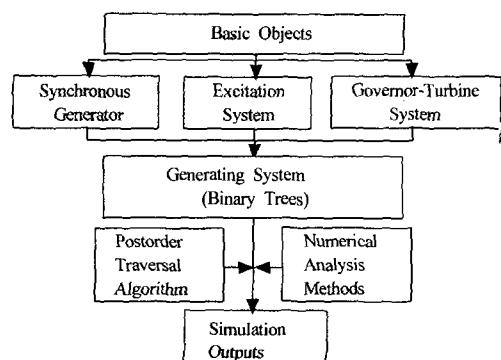


Fig. 7. Modeling steps for a generating system simulation.

의 연결성 및 재사용 가능성이 매우 좋다. 기존 프로그램은 다른 프로그램과의 연결시 프로그램을 전면 수정하는 등의 노력이 필요하나, 본 기법은 쉽게 연결이 가능할 뿐 아니라 기존 개발된 프로그램을 필요부분만 떼어서 사용도 가능하므로 소프트웨어 개발의 효율을 높일 수 있다.

### 2-3. 전력계통 온라인 안정도 해석을 위한 MMI 구현

마이크로소프트(MS)사에서 제공하는 MFC(Microsoft Foundation Class)는 윈도우 운영체제를 위해 MS사 자체에서 개발된 OOP를 근간으로 하는 윈도우용 C++ 라이브러리로서 윈도우용 프로그램을 개발하기 위한 편리한 클래스들을 제공한다. 본 논문에서는 MFC를 이용하여 전력계통의 온라인 안정도 해석을 위한 MMI를 구현한다. 주요 기능은 주화면에 전력계통을 직접 그릴 수 있는 기능과 그려진 시스템에 마우스를 이용한 사건처리로 시스템 데이터를 직접 입력하고 전력조류 계산과 안정도 해석을 행하는 기능이다. 메인 메뉴는 크게 파일, 편집, 보기, 그리기, 해석 그리고 창의 메뉴로 구성된다. 파일 메뉴는 새파일, 열기, 닫기, 저장, 다른 이름으로 저장, 프린터 미리보기 그리고 프린터설정으로 구성된다. 편집 메뉴는 실행취소, 절라내기, 복사, 삭제, 전체선택 그리고 새 객체삽입으로 구성된다. 보기 메뉴는 안내선, 바탕색, 객체들 보기, 툴바 그리고 상태바로 구성된다. 해석메뉴는 전력조류계산 그리고 안정도 해석메뉴로 구성된다. 메인 메뉴에서 가장 중요한 기능은 전력계통의 구성설비를 그리는 기능인데 그리기의 각각의 메뉴는 화면상에서 비트맵이 아닌 객체단위로 구성설비를 표현하기 때문에 그리는 기능 자체가 간단하고 편집하기 쉬운 장점을 가진다. 또한 그려진 객체에서 마우스 이벤트를 통하여 객체의 구성에 필요한 데이터를 직접 입력할 수 있다. 그림 8은 구현된 MMI의 초기화면이다.

Fig. 9는 그리기 메뉴바에서 각각의 그리기 아이콘을 마우스로 선택했을 때 선택된 메뉴에 응답하여 그릴 수 있는 형태들을 표현한 것이다. 그리기 메뉴는 선택, 선로, 발전기, 모선, 변압기, 전동기, 부하, 차단기, 사고선로지정 그리고 문자열입력 및 전력조류결과 메뉴로 구성된다.

그리기 메뉴로 그려진 시스템의 각 객체에 시스템 해석을 위한 데이터를 입력하기 위해서 각 객체를 마우스



Fig. 8. Starting window of implemented MMI.

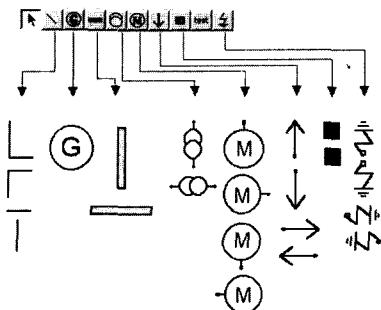


Fig. 9. Drawing function.

로 더블클릭 하면 각 객체에 해당하는 데이터 입력 대화상자가 뜨게된다. 이 데이터 입력 대화상자에 전력조류계산에 필요한 데이터 및 안정도 해석에 필요한 데이터를 입력할 수 있다.

Fig. 10은 발전기 데이터를 입력받기 위한 대화상자의 예이다.

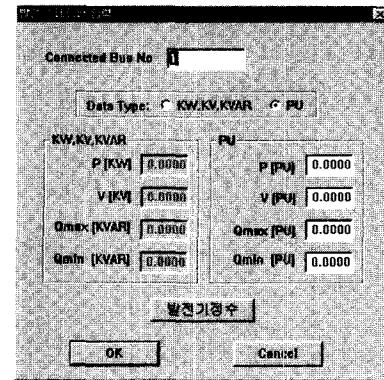


Fig. 10. The input dialog box of generator data.

Fig. 11은 설계된 광양제철소 전력계통 분석용 소프트웨어의 주 운전화면으로써 현재상태의 전력조류 결과를 표시하고 있다. 모선의 총수는 123개이고 발전기는 17대이다. 부하 모선에는 동기전동기부하와 일반부하가

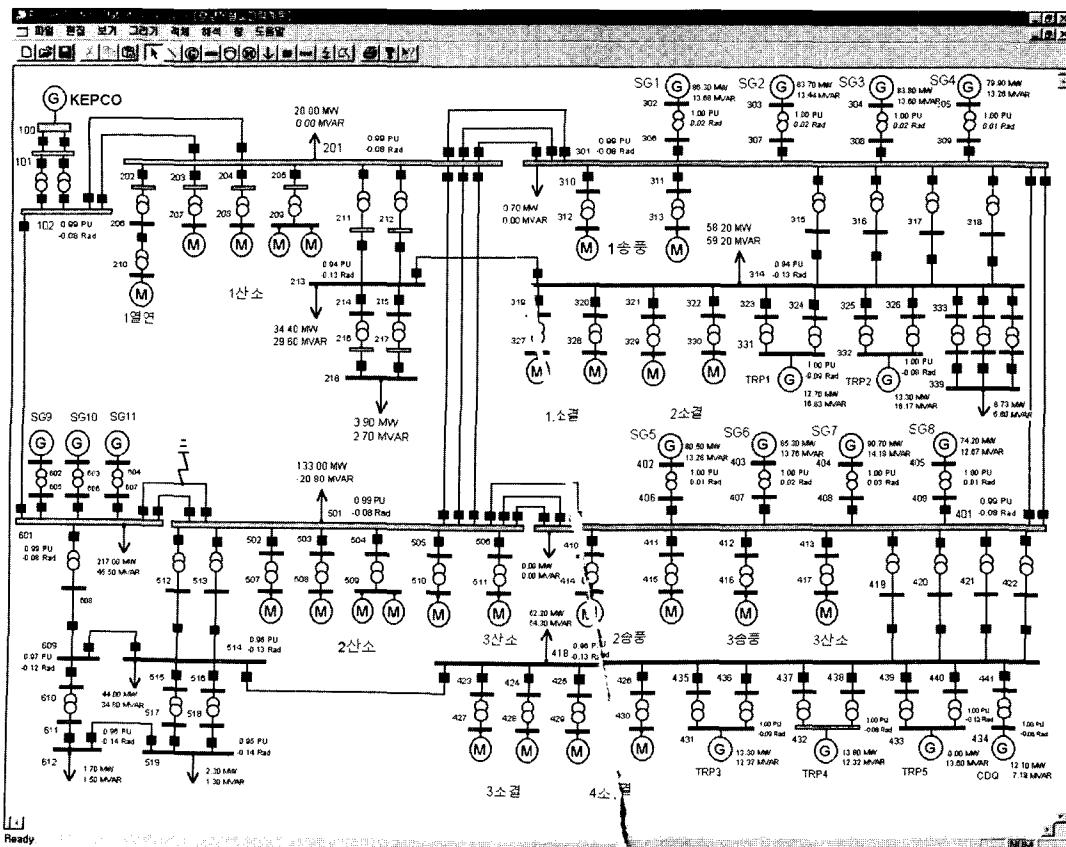


Fig. 11. The power system diagram of Kwang Yang Steel Works.

있는데, 변압기를 거쳐서 22 kV, 6.6 kV의 모선을 거쳐 분산되어 있다. 평상시 운전상태에서는 102번과 601번 모선사이의 선로, 213번과 314번 모선사이의 선로, 418번과 514번 모선사이의 선로 그리고 514번과 608번 모선사이의 선로는 개방되어있다. 화면의 각 부분을 마우스 이벤트 헨들링으로 계통 각 요소의 데이터를 직접 입력 가능하고, 데이터 베이스를 통해서도 입력 가능하다. 실제 운전데이터는 데이터베이스로부터 입력받고 그 결과를 데이터베이스에 저장한다. 온라인으로 운전데이터를 받아 화면에 조류상태를 표시할 수도 있고, 상정사고에 대한 전력조류계산과 안정도 해석을 할 수 있다. 상정사고의 설정은 화면에서 차단기를 임의로 클릭하여 붉은 색으로 변하게 하여 차단기 열린 상태로 바꿀 수도 있고, 선로사고를 표시하는 아이콘을 설정하고자 하는 선로에 붙여서 설정할 수 있다. 또한 안정도 해석결과를 그래프 형태로 발전기 아이콘을 마우스로 클릭하여 볼 수 있다. 주 화면에서 계통요소를 그리는 기능이 제공되기 때문에 계통변화에 대하여 운영자가 쉽게 화면을 관리할 수 있다는 장점을 지닌다.

메인 화면에서 안정도 해석을 하기 위해서는 먼저 조류계산을 수행한다. 사고선로를 사고선로지정 아이콘을 사용해서 지정하고 해석메뉴에서 안정도 해석 메뉴를 선택한다. Fig. 12와 같은 안정도 해석 조건 입력 대화상자에서 해석조건을 입력한다.

그러면 Fig. 13과 같은 안정도해석 수행과정을 보여주는 창이 뜨고 진행과정을 보여준다. 안정도 해석이 끝나면 종료 버튼을 누르고 Fig. 11의 재설정 버튼을 눌러서 해석조건을 재 입력하여 새로운 조건으로 다시 안정도 해석을 수행할 수도 있다.

#### 2-4. 광양제철소 전력계통 분석용 시스템

광양제철소의 전력계통을 운영함에 있어서 운전조건

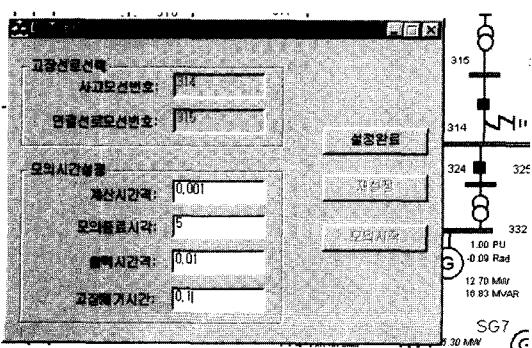


Fig. 12. The input window of stability analysis input condition.

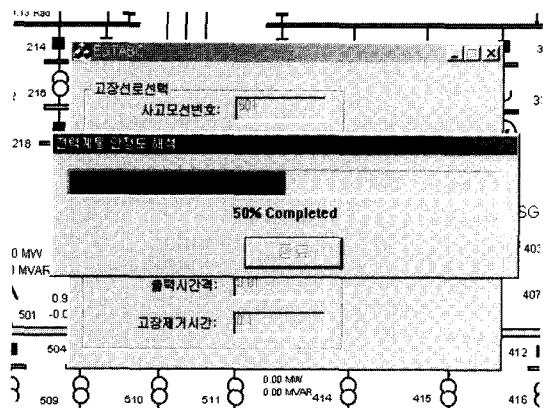


Fig. 13. The processing window of stability analysis.

에 따른 전력계통 해석기능(전력조류계산, 안정도 해석)의 온라인 적용은 공급전력의 품질 확보뿐만 아니라, 계통의 안정운전, 경제적 발전을 위한 필수적인 사항으로 판단된다. 따라서 345[KV] 수전설비, LNG 발전설비의 가동을 계획하고 있는 제철소 에너지 시스템은 운전중 전력계통에 대한 안정도 분석과 경제적 조업 GUIDANCE 기능을 구비하여야 한다. 운전중인 전력 시스템에 대한 안정도 분석과 경제적 조업 모델이 에너지 전산 시스템을 통하여 실시간으로 제공될 수 있는 시스템을 개발하기 위해서 전력계통의 운전화면을 구성하고 온라인으로 실적 데이터를 입력받고 실시간으로 전력조류 계산을 행하고, 발전기의 안정도를 해석한다.

광양제철소의 온라인 전력계통 분석용 시스템을 설계

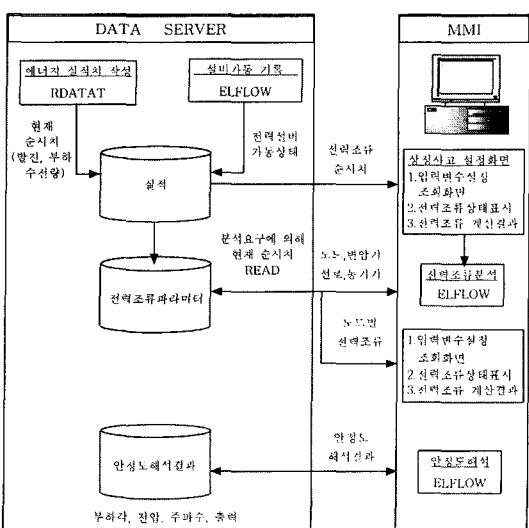


Fig. 14. Task summary.

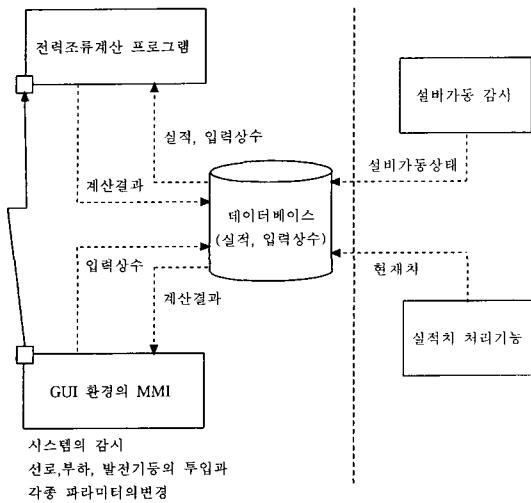


Fig. 15. The flowchart of power flow program.

하기 위해서는 데이터베이스의 설계가 필수적이다. 실시간으로 계통의 운전값들을 주기적으로 데이터베이스에 저장하고, 사용자 인터페이스 화면에서 전력조류계산을 요청하면 전력조류계산 프로그램이 호출되어서 전력조류계산을 수행하고 그 결과를 다시 데이터베이스에 저장한다. 안정도 해석 프로그램은 데이터베이스에 저장된 전력조류계산 결과를 초기값으로 상정사고에 대한 발전기 안정도 해석을 수행하고 다시 그 결과를 데이터베이스에 저장한다. Fig. 14는 설계된 소프트웨어가 수행하는 작업 총괄표이다.

Fig. 15는 전력조류계산 프로그램이 MMI 환경과 데이터베이스와 연계하여 전력조류계산을 수행하는 작업 흐름이다.

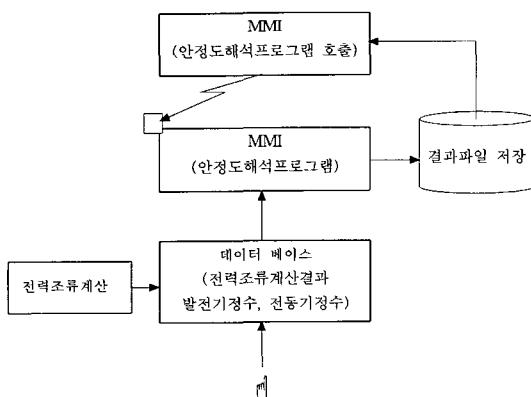


Fig. 16. The flowchart of stability analysis program.

Fig. 16는 안정도해석 프로그램이 MMI 환경과 데이터베이스와 연계하여 발전기안정도 해석을 수행하는 작업 흐름이다.

## 2-5. 전동기부하를 고려한 안정도해석

부하를 정적인 모델로 취급하는 경우 전압과 주파수의 변화에 대한 응답은 빠르고 응답의 정상상태 도달속도는 매우 빠르다. 그러나 많은 경우 부하의 동적인 특성을 고려해야 되는데 방전램프의 소호나 재점등, 보호계전기의 동작, 부하의 온도조절장치 제어, ULTC(Under-load Tap Changing)의 동작, 전동기부하가 집중되어 있는 경우가 그 예들이다. 대부분의 전력계통의 시뮬레이션에 있어서 이들의 영향을 상세히 반영하지는 못하고 부하에 동가모델로서 삽입하는 정도이다.

부하에서 소비되는 전 에너지의 60%~70%를 전동기에서 소비하므로 전동기에 기인하는 동적인 특성이 시스템 부하의 동적인 특성의 가장 중요한 측면이다. 전력계통에서 발전기 안정도해석은 일반적으로 전동기부하를 일정임피던스 부하로 취급하고 있다. 이는 전력계통이 복잡한 시스템이고 개별 부하의 특성을 모두 반영할 수 없기 때문인데, 전동기가 부하의 큰 부분을 차지하는 배전계통의 경우 전동기의 영향을 정확하게 고려하지 않으면 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 없다. 따라서 본 논문에서 배전계통에서 전동기의 동적 특성을 고려하여 안정도해석을 하였다. 실제 전력계통의 운전사항을 데이터베이스를 연계하여 저장하고 이 데이터베이스를 기초로 계통을 안정도를 모의하게된다. 제철소와 같은 배전계통은 한전계통과 연계가 되어있지만 대규모의 전력을 소비하는 시스템으로 자체 발전기의 발전용량도 크고, 부하의 대부분이 용량이 큰 전동기부하이다. 따라서 발전기와 전동기의 상호 영향이 제철소 계통의 안정운전에 관건이라 할 수 있다. 본 논문에서는 광양제철소의 발전기, 전동기 그리고 한전계통과 연계하여 안정도를 모의한다.

시뮬레이션에 사용된 전력조류결과는 제철소 전력계통 운전 실적 데이터 중에서 2001년 특정일의 부하와 발전기 출력을 입력데이터로 하여 구한 것으로 온라인으로 전력조류계산을 수행한 하나의 예이다. 안정도 모의에는 17기의 동기발전기와 25기의 동기전동기의 데이터<sup>[1][8][9]</sup>를 이용하여 2.2절에서 설명한 방법으로 시스템을 모델링하였다.

첫 번째 안정도 모의 사례로써 Fig. 17은 모선 301번과 306번 사이의 선로에 3상 단락사고를 가정하고 고장제거시간을 0.1초로 했을 때 각 발전기의 응답곡선이다. 고장이 제거되어 발전기 SG1이 계통에서 분리되더라도 다른 발전기들이 동기화를 유지함을 알 수 있다.

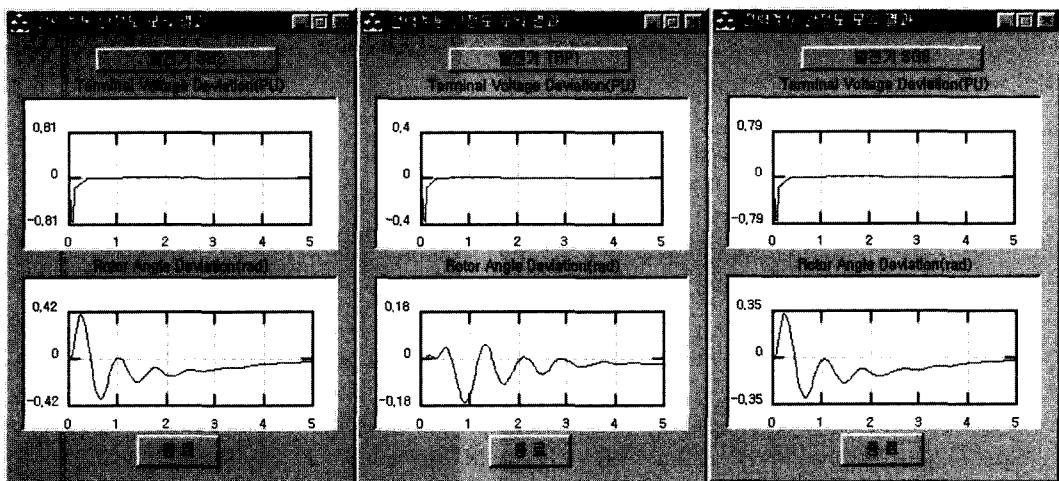


Fig. 17. The response of generators in case #1.

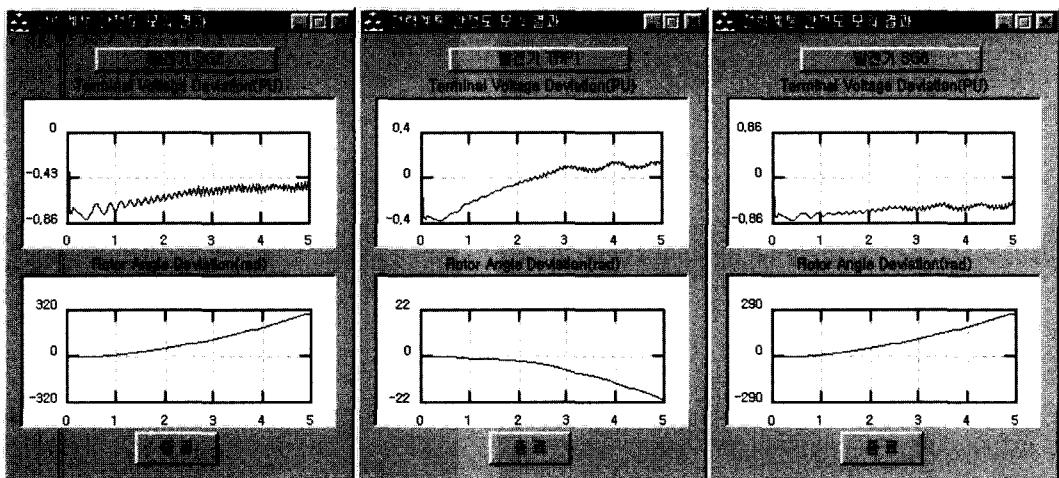


Fig. 18. The response of generators in case #2.

두 번째 안정도 모의 사례로써 Fig. 18은 모선 501번과 601번 사이에 3상 단락사고가 일어났을 때의 각 발전기의 응답곡선이다. 이 경우 발전기가 동기화를 잃게됨을 알 수 있다. 동기전동기의 모델링은 동기발전기의 이축 모델과 같은 모델을 사용하고 동요 방정식이

$$\frac{d\omega_t}{dt} = \frac{1}{2H}(T_e - T_m) \quad (9)$$

이다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 전력계통의 발전기 안정도 해석에 소

프트웨어의 개발 및 적용의 최근의 추세인 객체지향기법을 적용하였다. 또한 사용자의 편의를 도모하기 위하여 윈도우 환경에서 마우스를 이용한 사건처리를 통하여 시스템을 설계하고 안정도해석을 할 수 있는 GUI (Graphic User Interface)를 구축하였고, 실 계통인 광양 제철소 전력계통의 안정도 해석에 직접 적용하였다. 윈도우 환경에서 MMI를 구현하여 사용자가 사용하기에 편리한 기능을 제공하였다. 온라인으로 전력계통을 해석하기 위해서는 데이터베이스의 설계가 필수적인데 데이터베이스를 통하여 실제의 계통의 전력계통 운전 데이터를 입력받도록 하였다.

실제 운전중인 계통인 광양제철소 전력계통에 대하여 발전기 17기, 동기전동기 25기를 본 논문에서 제시한 기

법을 적용하여 모델링하고, 온라인으로 운전 데이터를 입력받아서 전력조류 계산과 안정도 해석을 수행하였다. 모선 301번과 306번 사이의 선로에 3상 사고를 가정하고, 고장제거 시간을 0.1초로 했을 때 각 발전기와 동기전동기들이 동기화를 유지하였다. 모선 501번과 601번 사이의 2회선 선로에 동시에 3상 사고를 가정하고, 고장제거 시간을 0.1초로 했을 때 발전기가 동기화를 상실하고 시스템이 안정하지 못하다는 결론을 얻었다. 본 논문에서 제시한 기법을 적용하여 개발된 소프트웨어는 광양제철소의 전력계통 운영실무자가 직접 현재의 전력계통 운전 데이터를 가지고 상정사고를 설정하고 전력조류계산과 안정도 해석을 할 수 있는 기능을 가지고 있으므로 실제로 일어날 수 있는 사고에 대하여 미리 대비할 수 있는 보조기능을 제공한다. 그리고 개발된 소프트웨어를 실제로 광양제철소의 전산시스템에 설치하였다.

### 참고문헌

1. 이희춘: “광양제철소 전력계통분석 모의실험 및 전산기 적용방안 연구”, POSCO (1999).
2. 박지호, 백영식, 이재용, 신정훈: “객체지향기법을 적용한 디지털 컴퓨터 시뮬레이터”, 대한전기학회 논문집, 제45권, 제10호 pp. 1387-1393 (1996. 10).
3. Park, J.-H. and Baek, Y.-S.: “The Power System Analysis method Using Object-oriented Programming”, The International Conference On Electrical Engineering, July 21-25 1988. Kyungu Korea, Vol. II pp. 285-288.
4. Park, J.H. and Baek, Y.S.: “Simulation of Electric machines Using Object-oriented Technique”, 1997 International Electric Machines and Drives Conference record. pp. MC1-9.1-MC1-9.3, May 18-21, 1997. Milwaukee, Wisconsin USA.
5. Scott Robert Ladd, C++ techniques & Applications, M&T Books (1990).
6. Anderson, P.M. and Fouad, A.A.: Power System Control and Stability, Iowa State University Press (1977).
7. Kunder, P.: Power System Stability and Control, McGraw-Hill, New York (1994).
8. SIEMENS, “Power Transmission and Distribution Power System Planning”, FINAL REPORT PART1: REPORT (1996).
9. SIEMENS, “Power Transmission and Distribution Power System Planning”, FINAL REPORT PART3: DATA DOCUMENTATION (1996).