

On Line Fault Diagnosis in the Large Power System

徐圭錫* · 金定年* · 白榮植**

(Gyul-Seok Seo · Jung-Nyun Kim · Sik-Young Baek)

Abstract - Recently, power system is getting larger and more complex. When the complex power system has a problem, it is very difficult even for the experts to find out where the problem is and to make a timely decision by operators. There have been many studies on these problems but the results are not good enough for applying to real power system. Therefore, power system operators always had to judge the exact state of power system and be preparative for the problems that can occur later. We developed new methods that can be applied to complex power system by dividing the system into small modules. By using 'module', we can combine small modules together to make complex power systems and the knowledge base that is applied to fault diagnosis system. As a result, compared to previously developed diagnosis products, operation time is shortened and the knowledge base is become simpler and clearer, which made online usage capable. This system can be used as a complementary measurement that helps the operator from making any mistakes.

Key Words : Power Systems, Expert System, Modulation, Diagnosis, Inference Engine, Knowledge-Based Systems

1. 서 론

전력계통은 외부에 노출되어 있기 때문에 자연 재해나 여러 가지 원인에 의해 고장이 발생하게 되며, 전력의 안정적인 공급이라는 측면에서 전력계통의 고장에 대한 해석, 복구, 계통 보호에 관한 문제는 중요한 관심사가 되었다. 그 중 전력계통의 고장 진단은 입력된 계전기와 차단기의 정보로부터 고장이 발생한 위치와 고장종류를 전체 계통에서 판별하는 문제이다. 고장 진단은 사고로부터의 계통의 신속한 복구와 정전구역의 확대를 막기 위하여 정확하고 신속하게 이루어져야 한다. 현재까지의 고장 진단은 주로 숙련된 전문가의 경험에 의존하여 해결되어 왔으며, 전력계통이 점차 대형화되고 그에 따른 계통 보호 시스템이 복잡해짐에 따라 계통의 고장의 양상은 점점 복잡, 다양화되고 있다. 계통의 보호 기기인 계전기와 차단기가 정동작하는 경우에는 고장의 판단과 고장복구가 비교적 쉬운 일이지만 계전기나 차단기의 오·부동작이 있는 경우에는 정확한 고장 진단에 많은 어려움이 있다[2].

또한 계통자동화를 위한 실시간 고장 진단에는 경험적인 판단이 시간이 많이 소요되고, 정확한 진단에 어려움이 있어 최근에 이의 해결을 위한 전문가 시스템의 적용이 연구되고 있다.

지금까지 규칙기반 전문가 시스템, 프레임 기반 전문가

시스템, 논리 기반 전문가 시스템 등 다양한 전문가 시스템이 전력계통의 고장 진단분야에 적용되고 있으나 전문가의 지식을 지식베이스로 구성하기에 용이함이나 정확한 실시간 추론을 모두 만족하는 시스템을 구성하기 쉽지 않아 계속 연구가 진행되고 있다. 여기서 제시한 기존의 전문가 시스템을 대규모의 전력계통 시스템에 적용하기에는 몇 가지 문제점이 있는데 가장 주요한 부분으로서 수시로 변화하는 계통에 대해 매번 전체의 지식베이스를 수정해주어야 하므로 신속한 대처가 어렵다는 것이다[2][5][6][7].

본 논문에서는 전력계통의 고장 진단을 위한 객체 기반 전문가 시스템을 제안하였다. 객체 기반 전문가 시스템은 지식을 구성하는 각각의 사실을 독립적인 객체로 표현하고 지식을 객체들간의 상호연결로서 나타내며, 추론은 객체들간의 메시지 전달로써 행하게 된다. 지식베이스는 객체들간의 상호 연결 상태의 집합으로서 구성된다. 그리고 관계 기술에 사용된 객체들은 현실 세계의 하드웨어에 대응되도록 구성하여 각각의 독립성을 유지하도록 하였다[1][9]. 또한 변화하는 계통에 대해 신속히 대처하기 위하여 모듈이란 개념을 도입하게 되었고, 이로 인해 계통의 변화시 전체 지식베이스를 수정하지 않고 해당하는 부분의 모듈만을 수정함으로써 대처 가능성을 보였다. 이렇게 구성된 전문가 시스템을 여러 가지 모의 계통의 고장 진단에 적용함으로써 탐색이 효율적이고 지식베이스 구성이 용이하므로 실시간 응용이 가능함을 보였다.

2. 전력계통의 고장 진단

2.1 시스템의 구성

일반적인 사고일 경우에는 간단한 사후 조치로서 해결을 할 수 있지만, 매우 복잡한 사고일 경우 사고 해석에 대

* 교신저자, 學生會員 : 경북대학교 공대 전기공학과 박사과정
E-mail : kikedang@nete.com

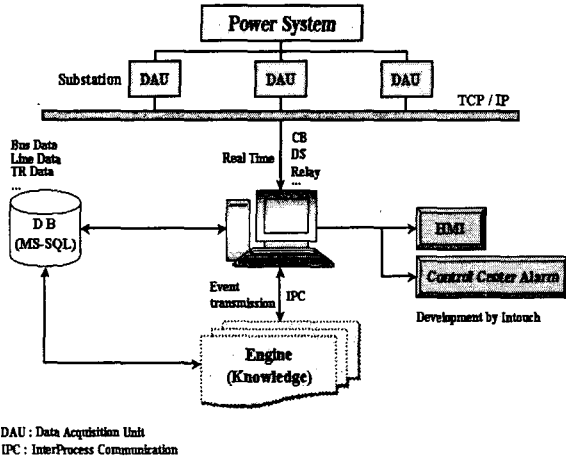
* 正 會 員 : LG전선(주) 전력연구소, 초고압그룹

** 正 會 員 : 경북대학교 공대 전자전기공학부, 정교수

接受日字 : 2004年 12月 9日

最終完了 : 2005年 3月 28日

한 시간이 너무 오래 걸려 적절한 사후 조치를 신속히 할 수 없는 경우가 많다. 또한 간단한 사고이지만 계통 운전자의 실수 및 올바르게 못한 판단으로 인해 적절한 사후 조치를 취하지 못하는 경우도 배제할 수는 없다. 이러한 이유로 사고에 대한 알맞은 사후 조치를 취하지 못하여 그에 대한 파급효과로 전체 계통에 막대한 피해를 주게 된다. 고장 진단 시스템은 이러한 상황에서 계통 운전자의 판단을 도와 보다 정확하고, 신속하게 고장 원인을 찾아낼 수 있도록 도와준다.



* DAU : Data Acquisition Unit
* IPC : InterProcess Communication

그림 1 고장 진단 시스템의 구조
Fig. 1 Configuration of fault diagnosis system

그림 1에 DBMS(Data Base Manage System), DAU(Data Acquisition Unit), HMI(Human-Machine Interface), Inference Engine, FEP(Front-End Processor)등으로 이루어진 고장 진단 시스템의 구성을 나타내었다.

DAU는 모든 변전소에 설치되어 각 변전소의 CB(Circuit Breaker), DS(Disconnecting Switch), Ry(Relay)의 상태를 5초마다 수집하고, 이 정보를 TCP/IP protocol을 통하여 FEP로 전달하는 역할을 한다. FEP는 이러한 설비의 상태에 변화가 있을 때 이 정보를 저장하고 고장 상태의 판단을 위하여 추론 엔진에 메시지를 전달하게 된다. 이때, 추론엔진은 대상 계통의 DB에 접근하여 각 설비의 상태를 판단한다. 그리고 주어진 알고리즘에 따라 고장 설비, 오·부동작 설비, 정전 구역 등의 결과를 도출하게 된다. 마지막으로 고장 진단의 결과는 HMI로 전달되어 화면에 업데이트 되고, 운영자에게 알려주게 된다.

2.2 계통의 표현

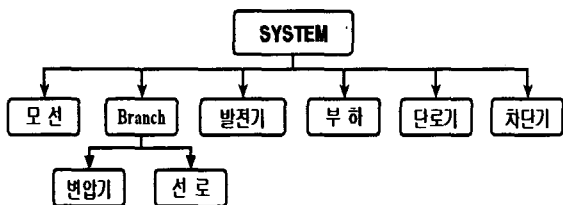


그림 2 전력 계통 구성 요소
Fig. 2 Power system components

고장 진단을 하기 위해서는 고장 진단을 수행하게 될 대상인 계통을 프로그램 내에 인식을 시켜야 한다. 전력계통

의 기본 구성으로 모선, 선로, 변압기, 발전기, 부하와 계통의 변화를 인식시키기 위한 각종 단로기, 차단기 등이 있다.

위의 구성들은 실제 계통의 연결 구조와 일치하도록 프로그램 상에서 인식 되어야 한다. 또한 객체 서로간의 필요한 메시지의 전달이 가능하게 하여야 한다. 이를 위해서 이 프로그램에서는 포인터를 이용하여 연결되는 객체 서로 간에 이중 연결구조로서 시스템을 구성 하였다. 전력계통 구성요소의 클래스를 이용하여 프로그램 상에서 기본적인 계통을 구성 할 수 있다. 그림 3은 간단한 3모선 계통을 보여 주고 있다.

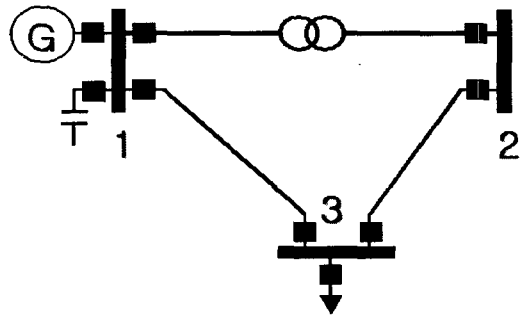


그림 3 3모선 예제 시스템
Fig. 3 3-Bus example system

그림 4는 그림 3에서 나타낸 시스템을 객체화하여 심벌로 표현한 것이다. 각 화살표들은 각 클래스 간에 메시지를 주고받으면서 전력계통에서 객체를 추가 또는 삭제할 수도 있다[1][2][9].

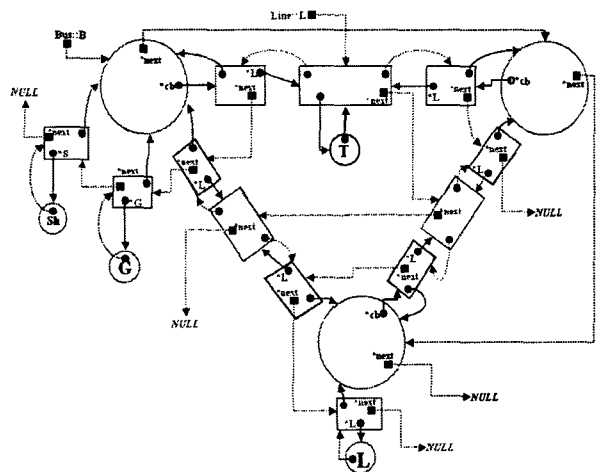


그림 4 3모선 예제 시스템의 객체화
Fig. 4 Object representation for a 3-bus system

2.3 전문가 시스템에서의 지식 표현

전문가 시스템을 구성하기 위한 지식의 표현은 다음과 같다. 일반적으로 전문가의 지식은 <조건(IF), 결론(THEN)> 규칙의 형태로 표현된다. 여기서 규칙의 조건부가 되는 사실들과 결론부가 되는 사실들은 각각 객체로 표현되며, 지식은 이들 객체들 사이의 연결 상태에 의해서 표현된다. 따라서 일단 전문가의 지식이 입력되면 전문가의 지식을 조건

부와 결론부로 나누고 조건부에 해당하는 객체들과 결론부에 해당하는 객체들을 생성한다. 이미 생성된 객체라면 그 객체를 이용한다. 그리고 객체들 사이의 연결 상태를 결정한다. 서로 연쇄적인 지식인 경우에도 각각 독립적인 지식으로 생각하고 객체 간에 연결을 하게 되면 객체내부에서 객체간의 관계를 스스로 결정하게 되어 지식베이스의 구성이 쉽게 된다. 그 예로서 다음과 같은 두 종류의 전문가 지식이 입력되었을 경우에 대해 살펴보자.

- 1. $A \times B = C$
- 2. $C + D = X$

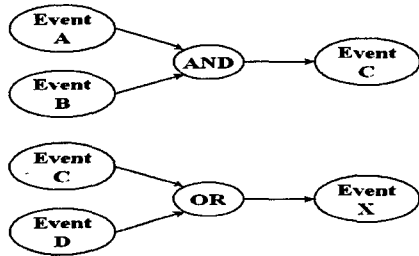


그림 5 지식 $A \times B = C$ 와 $C + D = X$ 의 표현
Fig. 5 Expression of knowledge for $A \times B = C$ and $C + D = X$

이처럼 지식을 동시에 일어나야만 하는 것을 논리 게이트 AND(기호: \times), 그리고 여러 개중 하나만 일어나도 되는 경우를 논리 게이트 OR(기호: $+$)로 표현하였다. 그림 5에서 처럼 $A \times B = C$ 라는 것은 C라는 설비가 고장이기 위해서는 A와 B라는 사건이 동시에 발생해야만 한다는 의미를 가지고 있다. 그리고 $C + D = X$ 라는 것은 C사건이 일어나도 X설비가 고장이고, D사건이 일어나도 X설비가 고장이라는 의미를 가지고 있다.

2.4 계통에서의 모듈 사용

복잡한 계통에서 발생한 사고를 짧은 시간에 판단하기란 매우 어려운 일이며, 상황에 따라 올바르지 못한 결과를 도출할 가능성 또한 배제할 수 없다. 이런 경우, 제대로 된 후속조치를 취할 수 없게 되며 계통은 이에 대한 과급효과로 매우 불안정한 상태가 될 것이다. 본 논문에서는 이에 대한 단점을 보완하기 위해 모듈이라는 개념을 도입하였다.

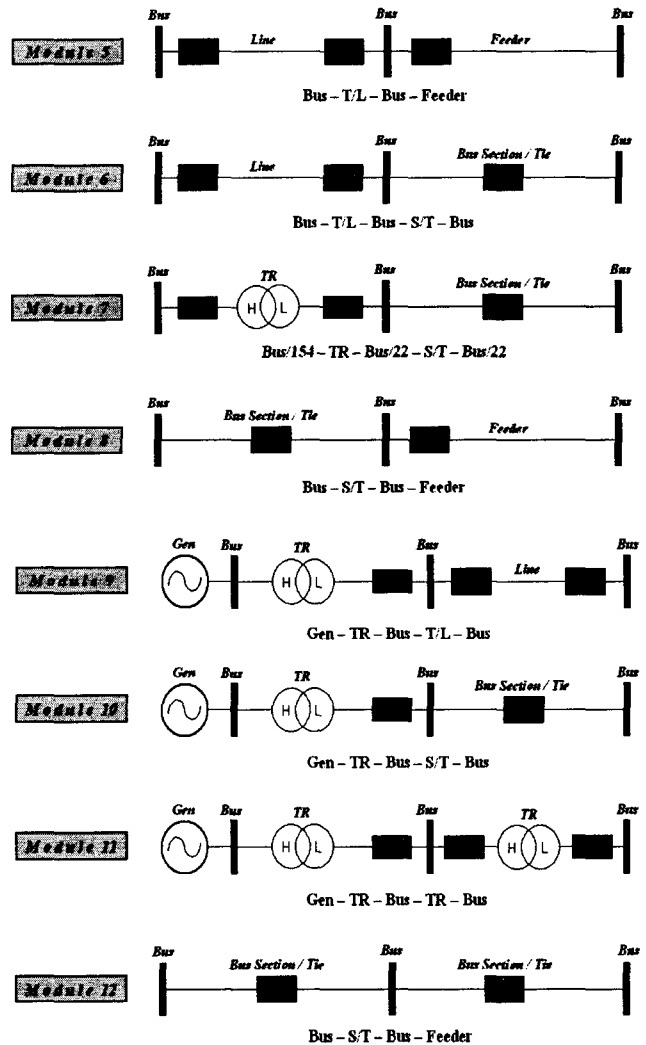
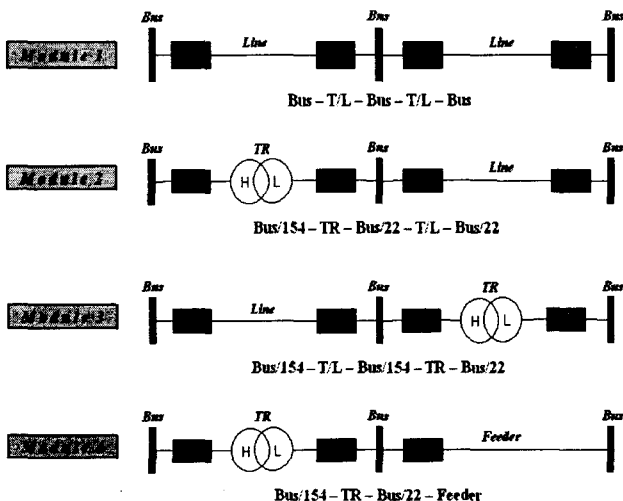


그림 6 계통 내 고장진단을 위한 모듈
Fig. 6 Modules for fault diagnosis in power system

모든 계통에는 최소의 공통된 부분이 존재하고, 그 부분을 서로 연결함으로써 표현할 수 있다. 이 공통된 부분을 모듈이라 하고 대부분의 계통은 그림 6에서 나타난 12개의 모듈을 가지고 구현 가능하다.

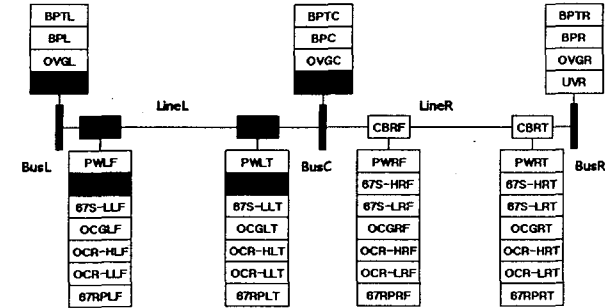
2.4.1 모듈의 구조

표 1 각 설비별 보호계전기 설치 정보
Table 1 Relay set-up information of all equipments

설비	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T/L	PW	67S-H	67S-L	OCG	OCR-H	OCR-L	67RP				
TR	63B	63TSP	96B2	63SP	87T	OCR-H	OCR-L	OCG	51N	67G	67RP
FEEDER	PW	OCR-H	OCR-L	OCG	67RP	85H	5E				
Bus	BP	B-OCR	UV	OVG	BP-T						
Gen	PW	67S-H	GEN-H	5E	FCB	ATS					

각각의 모듈은 계통 내의 설비들을 포함 하고 있고 설비들을 보호하기 위한 계전기와 차단기가 설치되어 있다. 그

림 6에서 나타낸 모듈이 고장 진단 프로그램에 적용되기 위해서는 이러한 세부적인 정보를 포함하여야만 한다. 먼저 각각의 설비들이 포함하고 있는 계전기, 차단기 정보를 표 1에서 확인할 수 있다. 표 1에서 나타낸 설치정보를 기반으로 그림 7과 같은 구조를 나타낼 수 있다.



기 호	설 명	기 호	설 명
L	Left	BP(T)	Bus Protection (Total) Ry
C	Center	CB	Circuit Breaker
R	Right	PW	Pilot Wire Relay
F	From	67S	H Directional OCR(High)
T	To		L Directional OCR(Low)
UV	Under Voltage Ry	OCG	Over Current Ground Ry
67RP	Reverse Power Ry	OCR	H Over Current Ry(High)
OVG	Over Voltage Ground		L Over Current Ry(Low)

그림 7 모듈 1의 구조 및 설명
Fig. 7 Structure and explain of module 1

그림 7은 모듈 1의 구조를 예로 들었다. 나머지 11개의 모듈도 위와 같은 방식으로 나타낼 수 있으며, 나타내어진 모듈 구조로 발생 가능한 사고 상황을 해당 계통의 보호방식에 따라 구현할 수 있다. 이렇게 만들어진 사고 상황이 바로 지식 베이스로 활용되어지고, 이에 대한 설명을 다음 절에서 설명하도록 한다.

2.5 모듈별 지식베이스 생성

앞서 2.3절에서 설명한 개념을 토대로 각 모듈 별 지식을 생성하게 된다. 그림 7에서 볼 수 있는 모듈 1의 지식 생성 과정을 살펴보도록 한다.

계통에서의 선로 단락 사고를 가정한다면 일단 해당 선로의 과전류 계전기가 작동하게 되고 선로와 연결되어진 모선에 해당하는 저전압 계전기 또한 작동하게 된다. 그리고 각각 동작한 계전기에 해당하는 차단기가 동작하여 사고 지점을 올바르게 차단하게 된다.

이와 같은 사고 사례를 지식으로 표현할 수 있는데 아래와 같다.

$$UVR \times UVC \times 67S-HLF \times 67S-HLT \times CBLF \times CBLT = \text{LineL's fault} \quad (1)$$

이렇게 표현된 식이 하나의 사고 사례이며 지식이다. 각각의 모듈에는 이러한 지식이 계통 내 보호방식에 따라 매우 많이 존재한다. 실제적으로 지식 베이스로 사용하기 위해서는 모든 모듈에 있는 사고 사례를 각각의 모듈별로 할당된 공간에 입력해야 한다.

전체 계통의 크기가 크지 않고 보호방식이 단순하다면 직접 코드화하여 입력이 가능하지만, 대형 계통이나 보호방식이 복잡하여 지식이 많을 경우에는 직접 코드화하여 입력

하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 모듈과 형태가 같고 마우스만으로 작업이 가능한 지식 입력기를 개발하였고, 식 (1)과 같이 생성된 지식을 지식 입력기에서 동일하게 입력한다. 이로써 입력된 계전기, 차단기, 사고구간의 정보가 코드화되어 생성되고, 간단하게 지식베이스로 활용 가능하게 된다.

2.6 고장진단 시스템의 추론

모듈과 각각의 모듈에 대한 지식이 완성된 후 프로그램에 적용하여 사용하기 위해서는 알맞은 추론 방법이 있어야만 한다. 아래에 기본적인 추론 방법과 오동작, 부동작 계기를 판별하기 위한 추론 방법에 대해서 설명하도록 한다.

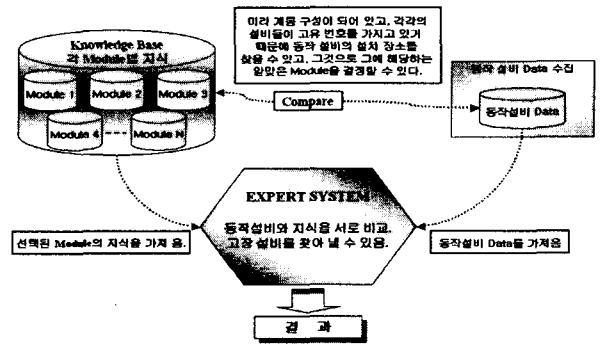


그림 8 동작한 계기에 의한 모듈 선택
Fig. 8 Module selection by acted equipment

일단 특정 계기가 동작을 하여 고장 진단 시스템으로 전송되어지면, 동작한 계기가 포함되어진 설비를 검색하고, 검색된 설비와 동일한 구조의 모듈을 판단하게 된다.

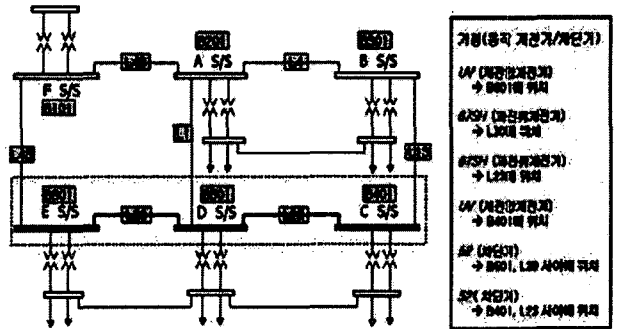


그림 9 계통에서의 모듈 검색
Fig. 9 Search of module in power system

그림 9에서 제시된 계통에 우측의 계전기가 동작했다고 가정한다. 여기에서 B601과 L30 사이의 차단기, B401과 L23 사이의 차단기가 동작했음을 확인할 수 있다. 먼저 B601과 L30 사이의 차단기가 동작했으므로 모듈로 구성될 수 있는 가능 구간인 L45를 검색한다. 하지만 L45상의 차단기가 동작하지 않았으므로 무시하고, 아래쪽 TR단을 확인한다. 역시 차단기 동작정보가 없기 때문에 무시하고 L23단을 검색한다. 여기에서 B401과 L23 사이의 차단기가 동작했음을 발견할 수 있고 그림 6에서의 모듈 1번을 적용하여 고장상태를 파악한다.

다음으로 그림 7에서 모듈의 세부 구조를 살펴보면 그림

9에서 동작했다고 가정된 나머지 계기(UV, 67SH)를 포함하고 있다는 것을 알 수 있다. 이렇게 동작한 계기를 모두 입력하여 실제 지식베이스에 미리 만들어진 지식과 비교하여 일치한다면 해당하는 고장 내용을 결과로 만들어 HMI를 담당하는 곳으로 전달하게 된다.

2.6.1 오동작 계기의 판별

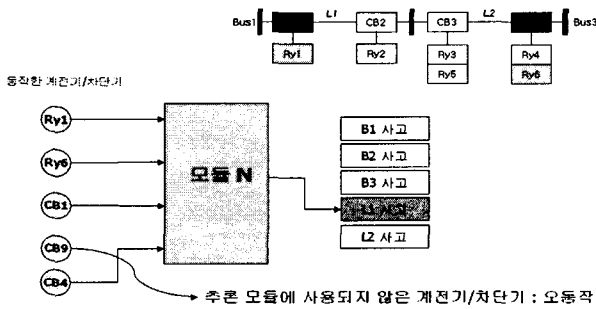


그림 10 오동작 계기의 판단
Fig. 10 Judgment of unwanted operation of equipment

그림 10은 상단에 예로 제시된 모듈에서 동작한 차단기, 계전기들의 정보에다가 오동작 차단기(CB9)를 하나 더 입력으로 주어 L1이라는 결과를 얻어내는 과정을 보였다. 이때 추론에서 사용되지 않은 CB9가 오동작 계기가 됨을 알 수 있다.

2.6.2 부동작 계기의 판별

그림 11에서도 앞서서 설명한 오동작 계전기 판별 방식과 유사하다. 일단 동작한 계기의 정보들을 이용해서 판단해보면 L1설비의 고장으로 인해 후비보호가 동작했음을 알 수 있다. 하지만 후비보호로 동작했다는 의미는 어떠한 특정 계기가 제대로 동작하지 못해서 주보호가 되지 못했다는 것이다.

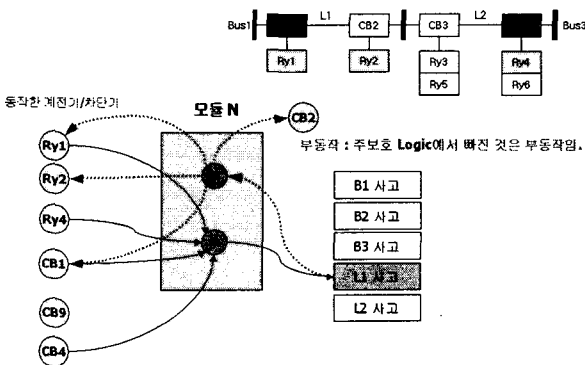


그림 11. 부동작 계기의 판단
Fig. 11 Judgment of the no operation of the equipment

따라서 후비보호로 판단하게 된 계기를 다시 주보호 지식에 포함된 계기들과 비교하였을 때 없는 계기가 바로 부동작 계기가 된다.

3. 사례 연구와 실 계통 적용

앞에서 제시한 고장진단 시스템의 정확성과 우수성을 입

증하기 위해 실제 광양 제철소 계통을 대상으로 시뮬레이션을 실행하였다. 아래의 대상 계통과 시뮬레이션 과정, 결과를 살펴보고자 한다.

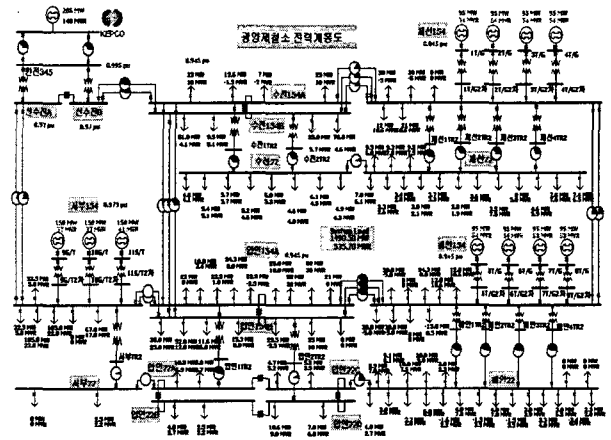


그림 12 광양 제철소 전력 계통
Fig. 12 Power system of the Kwangyang Steel Works

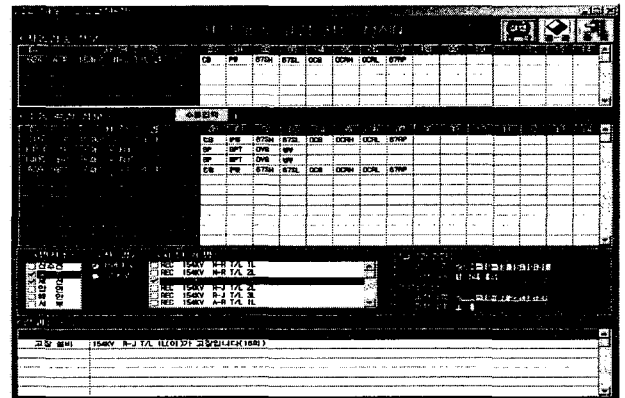


그림 13 고장 진단 시스템의 메인 화면
Fig. 13 Main interface of fault diagnosis system

그림 13에서 보는 화면은 고장 진단 시스템의 메인 화면이다. 상단에 자동검출 정보라는 부분을 볼 수 있는데, 이 부분은 온라인상에서 자동으로 계통에서 일어난 사건이 검출되어 고장 진단 시스템으로 입력되어진 것을 의미한다. 여기에 입력된 데이터로 인해 고장 진단 시스템은 구동되고 고장 종류를 판단하게 된다. 하지만 실제 사고에서 신호가 누락 되어질 수도 있고 때에 따라 오·부동작에 의해 정확한 판단이 불가능 할 경우가 발생한다. 이런 경우 운용자가 직접 수동 입력을 선택하여 누락 데이터를 추가해 줌으로써 해결 가능하도록 하였다. 본 논문에서도 실제 사고를 계통에 일으킬 수 없으므로 수동 입력을 선택하여 시뮬레이션 하였다.

그림 13에서 자동 혹은 수동으로 입력된 데이터는 고장 진단 시스템으로 전송되어야 하는데 그 역할을 담당하는 장치를 그림 14에서 확인 할 수 있다. 그림 14의 좌측에 나타난 장치는 실제 계통에서 일어난 사건들(Di)을 수집하여 메인 화면에 전송하는 장치이고, 우측에 나타난 장치는 입력된 사건들을 실제 고장 진단을 위하여 시스템에 전송하고 그리고 고장 진단 결과를 다시 받아와 메인 화면의 하단 결과창에 나타내는 기능을 담당한다.

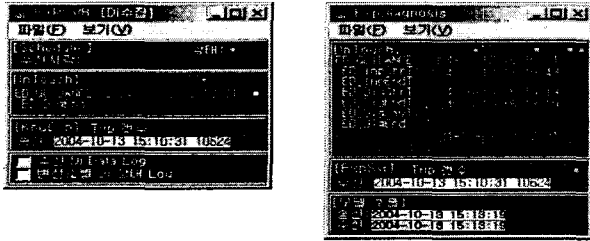


그림 14 Di(Digital input) 수집 장치 및 데이터 송·수신 장치
Fig. 14 Di collection device and Data transmitter-receiver

다음으로 사건들을 입력받아 추론을 담당하는 고장 진단 시스템의 엔진 화면을 볼 수 있다.

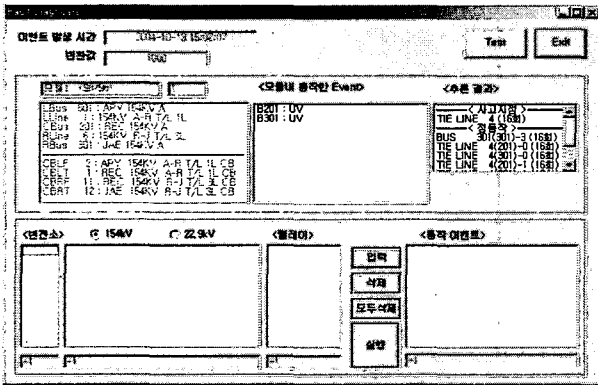


그림 15 고장 진단 시스템 엔진
Fig. 15 Fault diagnosis system engine

마지막으로 고장 진단 시스템에 의하여 도출된 결과를 화면상의 계통도에 나타낼 수 있는 기능을 포함 하였다.



그림 16 고장 진단 시스템의 계통 화면
Fig. 16 Interface of power system in the diagnosis system

3. 결 론

본 논문에서는 전력 계통의 고장진단을 위한 전문가 시스템을 구성하였다. 제안한 전문가 시스템을 실제 계통의 고장진단에 적용하여 여러 가지 사고경우에 대한 검증은 실시해 보았다. 이 검증에서 고장영역과 부동작 보호기기를

정확히 검출하여 내었으며 고장진단의 해가 여러 개인 경우에도 정확히 검출하였다.

이상과 같이 고장진단 프로그램의 개발에 있어서 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 객체 지향 기법(OOP)을 사용하여 계통 구성을 하였다. 객체들과 연결된 포인터로서 객체들 간의 메시지 전달을 가능하게 하였고, 시스템이 구성되어졌다. 이로써 얻을 수 있는 장점은 차후 변화하는 계통에 대해서 이러한 연결 구조를 바꾸어주는 간단한 작업만으로도 대처할 수 있으며, 계통 구성도 신속히 할 수 있다.
2. 각각의 공통된 구역에 해당하는 모듈별 지식베이스만 구성해두면 전체 계통의 일괄적인 사고사례를 모두 찾아낼 필요 없이 대체할 수 있기 때문에, 구성 시간상의 부담을 현저하게 감소시킬 수 있었다.
3. 모듈을 사용하지 않은 경우, 계통의 구성이 달라졌다면 계통 전체에 대한 지식베이스를 모두 다시 따져봐야 하는 매우 큰 작업을 받드시 수반하게 된다. 하지만 모듈을 사용하게 됨으로서 변경된 구간에 해당하는 모듈의 추가/수정만으로 대처가능 하다는 개선점이 있었다.
4. 어떤 상황에서든지 계통 운영자는 고장진단 프로그램의 도움을 받아 보다 객관적인 사고 판단을 하게 될 것이고, 이로 인해 더욱 신뢰성 있고 안정적인 계통운영을 하게 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김정년, “객체지향기법을 이용한 전력조류계산 및 스파시티 연구”, 대한 전기 학회 논문집, pp. 519-523, 1995.
- [2] 김정년, 백영식, “객체기반 전문가 시스템”, 대한전기학회 춘계학술대회, pp. 190-192, 1997.
- [3] 이희춘, “광양제철소 전력계통분석 모의실험 및 전산기 적용 방안 연구”, POSCO, 1999
- [4] Chihiro Fukui, Junzo Kawakami, “An Expert System for Fault Section Estimation Using Information from Protective Relays and Circuit Breakers”, *IEEE Trans. on PWRD*, Vol. 1, No. 4, pp. 83-90, October 1986.
- [5] Hong-Tzer Yang, Wen-Yeau Chang, Ching-Lien Huang, “On-Line Fault Diagnosis of Power Substation Using Connectionist Expert System”, *IEEE Trans. on PWRS*, Vol. 10, No. 1, pp. 323-331, February 1995
- [6] Young Moon Park, Gwang-Won Kim, Jin-Man Sohn, “A Logic Based Expert System (LBES) for Fault Diagnosis of Power System”, *IEEE Trans. on PWRS*, Vol. 12, No. 1, pp. 363-369, February 1997.
- [7] 박영문, 이홍재, “전력계통의 고장 진단 전문가 시스템에 관한 연구”, 대한전기학회 논문지 39권, No. 10, pp. 1021-1028, October 1990.
- [8] Yasuji Sekine, Yoshiakira Akimoto, Masahiko Kunugi, Chihiro Fukui, Shinta Fukui, “Fault Diagnosis of Power Systems”, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 80, No. 5, May 1992.
- [9] Mike Foley, Anjan Bose, “Object-Oriented On-Line Network Analysis”, *IEEE Trans on PWRS*, Vol. 10, No. 1, pp. 125-132, February 1995.

- [10] George F.Luger, William A. Stubblefield, "Artificial Intelligence and the Design of Expert System", The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 1989.
- [11] Patrick Henry Winston, "Artificial Intelligence", Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- [12] Charles A.Gross, "Power System Analysis", John Wiley & Sons, 1986.
- [13] Bjarne Stroustrup, "The C++ Programming Language", Addison-Wesley Publishing Company, 1991.

저 자 소 개



서규석 (徐圭錫)

1975년 11월 4일생. 2003년 경북대학교 공대 전기공학과 졸업. 2005년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : (053)940-8802

E-mail : kikidang@nate.com



백영식 (白榮植)

1950년 7월 8일생. 1974년 서울대 전기공학과 졸업. 1977년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1977년 명지대 전기공학과 조교수. 현재 경북대 전자전기공학부 교수.

Tel : (053)950-5602

E-mail : ysbaek@mail.knu.ac.kr



김정년 (金定年)

1969년 2월 21일생. 1994년 경북대 공대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1998년~현재 LG전선(주) 전력연구소 재직

Tel : (054)469-7627

E-mail : jnkim@cable.lg.co.kr