

고장진단 알고리즘 개발

서규석* 옥치연* 백영식* 김정년**
 경북대학교* LG전선(주)**

Development of Algorithm for Fault Diagnosis

Gyu-Seok Seo* Chi-Yun Ok* Young-Sik Baek* Jung-Nyun Kim**
 Kyungpook National Univ* LG Cable Ltd**

Abstract - Recently, electric power system's situation grows gradually so Fault Diagnosis is being complicated and is felt difficult. And ability that operator who is using electric power system must do correct judgment of power system state, and can cope at fault of power system state is required. Therefore, large size power system is divided into predefined minimum module, and define each module accident type. We use and compare defined accident type, we can know easily accident that happen forward. Therefore, large size power system using module that is defined to each section common accident type search in this paper. Therefore, large size power system using module that is defined to each section, we search for common accident type. And when accident in electric power system happens, I wish to explain about process that can do fault diagnosis in more easy and fast time, because using accident type that it is verified in front.

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 고장진단은 입력된 계전기와 차단기의 정보로부터 고장이 발생한 위치와 고장종류를 전체 계통에서 판별하는 문제이다. 고장진단은 사고로부터의 계통의 신속한 복구와 정전구역의 확대를 막기 위하여 정확하고 신속하게 이루어져야 한다. 현재까지의 고장진단은 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 고장진단에 많은 어려움이 있다.

지금까지 규칙기반 전문가 시스템, 프레임 기반 전문가 시스템, 논리 기반 전문가 시스템 등 다양한 전문가 시스템이 전력계통의 고장진단분야에 적용되고 있으나 전문가의 지식을 지식베이스로 구성하기에 용이함이나 정확한 실시간 추론을 모두 만족하는 시스템을 구성하기 쉽지 않아 계속 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 전력계통의 고장진단을 위한 새로운 지식베이스 구성법을 제안하였다. 대형계통에서 지식베이스를 구성하기 위해 계통 전체의 사고사례를 선별하기에는 많은 어려움이 있다. 때문에 공통된 부분을 최소 단위인 모듈이란 개념을 도입하여 구간별로 나누었고, 이

를 적용하여 지식베이스 구성이 한층 더 용이함을 보였다.

2. 본 론

2.1 계통에서의 모듈 사용

본 논문에서는 아래의 그림 1에 보여지는 계통을 이용하여 지식베이스를 구성하였다.

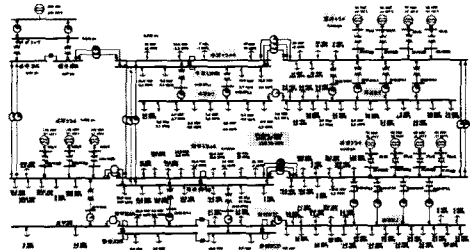


그림 1 계통도

위와 같은 계통에서 전체적인 사고 사례를 한번에 찾아내고자 한다면 많은 어려움이 있을 것이고, 또한 오랜 시간을 소비할 것이다. 그리고 차후에 계통이 변화한다면 그에 따라 다시 사고 사례를 찾아야만 한다. 이러한 비합리적인 부분을 개선하고자 계통내의 공통된 부분을 찾았고, 모듈이란 개념을 도입하였다.

모듈을 사용하여 계통을 구분한 결과 아래 표 1과 같은 구간이 설정 되었다.

표 1 계통 내 각 구간별 모듈

	설 비 구 성
모듈 1	Transmission Line - Transmission Line(154kV)
모듈 2	Transformer - Transmission Line
모듈 3	Transmission Line - Transformer
모듈 4	Transformer - Feeder
모듈 5	Transmission Line - Feeder
모듈 6	Transmission Line - Transmission Line(22kV)

표 1에서 보면 모듈 1과 모듈 6이 같은 것을 확인할 수 있다. 이것은 비록 설비 구조는 같지만, 내부에 설치된 계전기의 구조가 서로 달라서 공통의 모듈로 사용할 수 없기 때문이다. 모듈 1은 154kV계통 구조이고, 모듈 6은 22kV계통 구조를 나타낸다. 표 1과 같이 구분

된 모듈을 아래의 그림 2에 간략화 된 계통도와 함께 예를 들어 나타내었다.

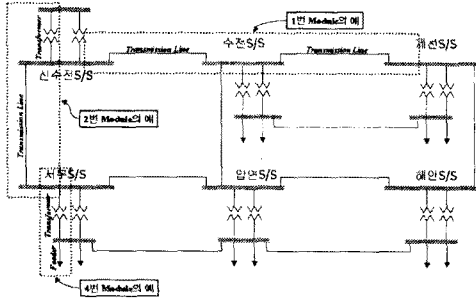
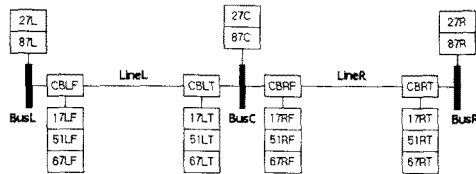


그림 2 간략화 된 계통도 및 모듈 표현

그림 2와 같이 각각의 모듈을 사용해 본 결과 해석하고자 하는 전 계통이 모듈로 대체 가능하다는 것을 알게 되었다.

2.2 모듈을 이용한 지식베이스 생성

아래의 그림 3은 그림 2에서 보여준 모듈 1에 대해 구체적인 구조를 보여준다.



Initial	의 미	Initial	의 미
L	Left	87	차동 계전기
C	Center	CB	차단기
R	Right	17	표시선 계전기
F	From	51	과전류 계전기
T	To	67	방향성 계전기
27	저전압 계전기		

그림 3 모듈 1의 구조 및 설명

그림 3은 하나의 모듈에 설치된 계전기와 차단기를 모두 나타낸 것이다. 그림 1의 계통도는 표 1에서 정리했듯이 이러한 모듈 6개를 가지고 있고, 각각의 모듈에 대해서 지식베이스를 만들어준다면 전체 계통에 대한 지식베이스가 된다.

그림 4는 지식베이스의 구조에 대한 그림이다.

이처럼 지식을 동시에 일어나야만 하는 것을 논리 게이트 AND(기호: ×), 그리고 여러 개중 하나만 일어나도 되는 경우를 논리 게이트 OR(기호: +)로 표현하였다. 그림에서처럼 $A \times B = C$ 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. 이러한 원리를 가지고 모듈 1을 해석해 보면

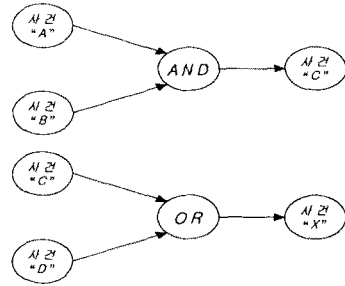


그림 4 지식 $A \times B = C$ 와 $C + D = X$ 의 표현

표 2(BusC)와 같은 지식베이스가 만들어짐을 알 수 있다.

표 2 모듈 1에 대한 지식

87C CBLT CBRF	주요요
87C CBLT CBRT 51RT 17R -CBRF	87C에 의해(CBRF) 동작하지 않고, 51RT에 의해서 CBRT가 동작
87C CBLF CBRF 51LF 17L -CBLT	87C에 의해(CBLT) 동작하지 않고, 51LF에 의해서 CBLF가 동작
-87C CBRT CBLT 17L 51LF 17R 51RT	계전기 87C가 동작하지 않아 CBRT는 CBLT가 51LF, 51RT에 의해서 동작
87C CBRT CBLF 17L 51LF 17R 51RT -CBLT -CBRF	계전기 87C는 동작했지만 CBLT와 CBRF가 동작하지 않아서 후의 보충

(BusC에 대한 지식)

CBLF CBLT 17LF 17LT	주요요
CBLF 17LF -17LT CBRF 51RF 27C	17LT가 부동상태여(CBRF) 후에 보충요 동작
CBLF 17LF 17LT -CBLT CBRF 51RF 27C	CBLT가 부동상태여(CBRF) 후에 보충요 동작
CBLF 17LF CBRT 51RT 17R -17LT -CBRT 51RF 27C	
CBLF 17LF CBRT 51RT 27R -17LT -CBRT 51RF 27C	
CBLF 17LF CBRT 51RT 27R -17LT -51RF 27C	
CBLF 17LF CBRT 51RT 27R -17LT -51RF 27C	
CBLF 17LF CBRT 51RT 27R 17LT -CBLT 51RF 27C	
CBLF 17LF CBRT 51RT 27R 17LT -CBLT 51RF 27C	
CBLF 17LF CBRT 51RT 27R -17LT -51RF 27C	

(LineL에 대한 지식)

CBRF CBRT 17RF 17RT	주요요
CBRT 17RT -17RF CBLT 51LT 27C	17RT가 부동상태여(CBLT) 후에 보충요 동작
CBRT 17RT 17RF -CBRF CBLT 51LT 27C	CBRT가 부동상태여(CBLT) 후에 보충요 동작
CBRT 17RT CBLF 51LF 27L 17RF -CBRT -CBLT 51LT 27C	
CBRT 17RT CBLF 51LF 27L -17RF -CBLT 51LT 27C	
CBRT 17RT CBLF 51LF 27L -17RF -51LT 27C	
CBRT 17RT CBLF 51LF 27L -17RF 51LT 27C	
CBRT 17RT CBLF 51LF 27L 17RF -CBRT -51LT 27C	
CBRT 17RT CBLF 51LF 27L 17RF -CBRT 51LT 27C	
CBRT 17RT CBLF 51LF 27L 17RF -CBRT -51LT 27C	

(LineR에 대한 지식)

예를 들어 LineR의 첫 번째 주번호 지식을 보면, $CBRF \times CBRT \times 17RF \times 17RT = \text{LineR}$ 이라는 것을 볼 수 있다. 즉, 우변의 LineR의 고장이기 위해서는 좌변의 모든 계전기와 차단기가 ON상태가 되어야 한다는 뜻이다. 그리고 모듈 1의 고장이기 위해서는 다음의 식을 만족해야 한다.

$$\text{BusC} + \text{LineL} + \text{LineR} = \text{모듈 1}$$

BusC, LineL, LineR 중의 어떤 것 하나라도 고장이면 모듈 1의 고장이라는 의미이다.

그리고 BusL과 BusR에 대한 지식이 없는 것을 알 수 있는데, 그것은 BusL에서는 BusL의 좌측에 있는 계전기와 차단기를, BusR에서는 BusR의 우측에 있는 계전기와 차단기를 알 수 없기 때문에, 모듈을 한 칸씩 좌측이나 우측으로 이동해야 함을 알 수 있다. 이렇게 하여 위와 같이 BusC, LineL, LineR의 지식이 구성되었다.

2.3 생성된 지식베이스의 검증 및 고찰

위에서 생성된 지식베이스를 논리 기반 전문가 시스템(LBES)를 통하여 검증을 실시하였다. 그 결과 아래 그림 5처럼 모듈 1에 대해서 결과가 나왔다.

모듈 1					
< BusC >					
CBLT	R07C	CBRF			
CBTL	R07E	CBRT			
R27L	CBLF	R51LF	R07C	CBRF	
R27L	CBLF	R51LF	CBRT	R51RT	R27R
< LineL >					
CBLF	R17LF	CBLT	R17LF		
CBLE	R17LF	R27C	CBRF	R51RF	
CBLF	R17LF	CBRT	R51RT	R27R	
< LineR >					
CBRF	R17RF	CBRT	R17RT		
CBLT	R51LT	R27C	CBRT	R17RT	
R27L	CBLF	R51LF	CBRT	R17RT	

그림 5 모듈 1의 구조 및 설명

여기서 보면 입력된 지식 개수보다 LBES를 통해 만들어진 지식의 개수가 적은 것을 볼 수 있는데, 이것은 입력된 지식 중에 중복된 지식이 포함되어있음을 알 수 있다. 중복된 지식을 모두 삭제하고 그림 6과 같은 결론이 나왔고 그림 5에서의 지식을 포함한 전문가 시스템에 다시 표 2의 지식을 넣어 검증해 보면 모든 지식이 올바르게 되는 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 해석하기 까다로운 계통에 대해서, 그리고 차후에 변화하는 계통에 대하여 초점을 맞추었다. 계통이 변화하더라도 기존에 있는 모듈과 형태가 같다면 그것을 적용시켜 해석하면 될 것이고, 만약 일치하는 모듈이 없다고 하더라도 새롭게 생성되는 형태에 대응하는 모듈을 다시 생성해주는 것으로서 변화하는 계통에 최대한 빨리 대응할 수 있는 해결방안이 될 것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 지식베이스를 구성하는데 있어, 좀 더 효율적이고 정확성을 높이기 위한 방법에 대해 서술하였다. 모듈을 그림 1의 실제 계통에 적용함으로써, 개선된 면을 확인할 수 있었고, 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 각각의 모듈별 지식베이스만 구성해주면 전체 계통을 대체할 수 있기 때문에, 구성 시간상의 부담을 현저하게 감소시킬 수 있었다.

둘째, 변화하는 계통에 대해 모듈을 사용하지 않은 경우에는 지식베이스를 다시 따져줘야 하는 불편함이 있었지만, 모듈을 사용함으로써 신속히 대처할 수 있는 개선점이 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] 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.
- [2] Hong-Tzer Yang, Wen-Yeou Chang, Ching-Lien Huang, "On-Line Fault Diagnosis of Power Substation Using Connectionist Expert System", *IEEE Trans. on PWRD*, Vol. 10, No. 1, pp. 323-331, February 1995
- [3] Young Moon Park, Gwang-Won Kim, Jin-Man Sohn, "A Logic Based Expert System (LBES) for Fault Diagnosis of Power System", *IEEE Trans. on PWRD*, Vol. 12, No. 1, pp. 363-369, February 1997.
- [4] 박영문, 이홍재, "전력계통의 고장진단 전문가 시스템에 관한 연구", *대한전기학회 논문지* 39권, No. 10, pp. 1021-1028, October 1990.
- [5] 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.
- [6] Mike Foley, Anjan Bose, "Object-Oriented On-Line Network Analysis", *IEEE Trans on PWRD*, Vol. 10, No. 1, pp. 125-132, February 1995.
- [7] George F. Luger, William A. Stubblefield, "Artificial Intelligence and the Design of Expert System", The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 1989.
- [8] patrick henry Winston, "Artificial Intelligence", Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- [9] Charles A. Gross, "Power System Analysis", John Wiley & Sons, 1986.
- [10] Bjarne Stroustrup, "The C++ Programming Language", Addison-Wesley Publishing Company, 1991.