

Power System Fault Diagnosis using Possibility Theory

李興載* · 李哲均** · 朴登用*** · 金成熙[§] · 安福信^{§§}

(Heung-Jae Lee · Chul-Kyun Lee · Deung-Yong Park · Seong-Hee Kim · Bok-Shin Ahn)

Abstract - This paper introduces a fuzzy expert systems for fault diagnosis, where the causal relationships between faults and protective devices are defined as fuzzy relations. The uncertainties existing in the fault diagnosis are figured out using the possibility theory and the possibility measure is associated with the fuzzy relation to evaluate the possibilities of faults. Besides, the knowledge base in the expert system is described and explained. In this way, multiple-fault can be handled easily and simultaneously together with single faults.

Key Words : Fault Diagnosis, Possibility Measure, Fuzzy Reasoning, Expert System

1. 서 론

전력수요의 증가에 따라 계통의 운용체계 및 운용방법은 더욱 복잡해지고 있으며 특히 사고발생시 보호기기의 오동작 또는 부동작이 발생하면 사고지역은 물론 건전구역까지도 정전사태를 초래할 수 있다. 전력계통의 고장진단은 사고 발생시 복구방안을 수립하기 위한 필수작업으로써, 현재까지 숙련된 전문가의 경험지식에 의존하였으나 선진각국에서는 지난 20년간 전문가시스템을 이용하여 이를 해결하려는 연구가 활발히 수행되어 왔다[1-5]. 전문가시스템을 고장진단에 응용한 최초의 논문은 1986년에 Fukui [1]에 의하여 발표되었으며, 이후 일본과 미국을 중심으로 실계통 적용연구가 수행되어 왔다. 이에 대하여 국내의 연구는 대학을 중심으로 1980년대 후반부터 연구가 시작되어 송전망 진단에 대한 전문가 시스템[6]과 변전소 진단[7] 및 복구[8], 복구기능을 포함한 변전소와 송전망의 통합 진단시스템[9]이 발표되었다.

그러나, 위의 논문들은 사고구간의 추정과 보호기기의 오동작 및 부동작의 인식을 경험지식에 의존하여 처리하는 방식이므로, 불확실적 추론(Uncertain reasoning)을 이용하여 근본적인 해결을 모색하고자 하는 연구가 시도되었으며, 확신도[10] 및 퍼지관계[11]를 이용하여 송전망의 고장진단을 시도하는 논문들이 발표되었다. 본 논문에서는 퍼지 추론을 이용한 변전소의 고장진단 전문가시스템을 제시하였으며, 퍼지추론의 모형화 과정을 상세히 분석하였다.

2. 전력계통 고장진단에서의 불확실성

전력계통에 사고가 발생하면 그 사고와 관련된 보호기기들이 동작하여 사고의 파급을 차단한다. 이 때 동작한 계전기와 차단기의 상태는 경보(alarm)의 형태로 운전원에게 전달되며, 전달된 경보정보를 이용하여 보호기기 동작규칙을 적용하면 보호기기 동작의 근본적 원인이 되는 사고구간을 판정할 수 있다[7] 그러나, 보호기기가 오동작 혹은 부동작한 경우는 단순히 보호기기 동작규칙만을 적용하여 정확히 사고구간을 판정할 수 없다. 즉, 보호기기의 정동작, 오동작 혹은 부동작 여부는 특정 사고구간의 가정하에서만 판정되는 사항으로서, 보호기기 동작여부 자체는 불확실성이 없으나, 보호기기 동작의 인과관계로부터 그 원인을 추론하는 과정에는 불확실성이 존재한다.

이는 고장진단 과정이 원인으로부터 결과를 추론하는 연역적 추론이 아니라, 결과로부터 원인을 추론하는 귀납적 추론이므로 발생하는 문제이며, 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 사고구간 판정과 관련된 퍼지명제의 가능성(possibility) 값을 보호기기 동작의 인과관계를 정의한 퍼지관계 소속함수 값으로 인가하고 퍼지추론을 통하여 결론을 도출하는 방법을 제시하고자 한다.

3. 보호기기 동작규칙의 가능성 계산

“사고가 발생하면 계전기가 동작한다.” 라는 명제에서 사고의 발생을 알고 있을 경우에 계전기의 동작을 추론하는 것은 연역적 추론이다. 그러나 고장진단의 경우와 같이 보호기기 동작정보로부터 원인을 추론하는 것은 불확실성을 내포하고 있으므로, 이러한 지식은 퍼지명제로 기술하는 것이 타당하다. 퍼지명제로 표현된 고장진단 지식을 예시하면 다음과 같다.

* 正 會 員 : 光云大 電氣工學科 副教授 · 工博

** 正 會 員 : 光云大 電氣工學科 博士課程

*** 正 會 員 : LG산전 電力研究所 研究員

§ 正 會 員 : 피앤씨테크(株) 시스템開發室長, 責任研究員

§§ 正 會 員 : 피앤씨테크(株) 代表理事 · 工博

接受日字 : 1998년 7월 11일

最終完了 : 1999년 5월 10일

- “계전기 정동작의 원인은 사고이다.”
(가능성 = p1)
- “사고가 발생했지만, 관련 계전기가 부동작이다.”
(가능성 = p2)
- “차단기 정동작의 원인은 계전기 동작이다.”
(가능성 = p3)
- “후비보호 계전기 정동작 원인은 계전기 부동작이다.”
(가능성 = p4)

이와 같이 표현된 퍼지명제에 속한 가능성 값의 계산에 대해 살펴보면, 사고와 계전기의 동작, 그리고 계전기 동작과 차단기 동작간에는 인과관계가 있으며, 그 인과관계는 기기의 오동작 및 부동작으로 인하여 인과관계의 원인과 결과가 연역적으로 결정될 수 없으므로 퍼지관계로서 정의할 수 있다.

본 논문에서는 현장의 사고경험과 기기 동작이력을 분석하여 보호기기 동작의 퍼지관계 소속함수 값을 다음의 표 1과 같이 산정하였고, 확률-소속함수 변환은 보호기기 정동작에 대한 퍼지관계 소속함수 값을 1로 하여 반비례하는 선형식에 의한 변환 방법을 선택하였다.

표 1 보호기기의 오동작률과 부동작률

Table 1 Probability Values of False Operation and Non-Operation of Protective Devices

기기 동작 구분	오·부동작률
계전기 오동작	0.2
계전기 부동작	0.1
차단기 부동작	0.05

소속함수 값의 선정과 관련된 연구 및 확률값의 재산출은 지속적으로 이루어져야 하겠지만, 여기서는 의사결정 과정에서 중요한 기본적인 대소관계를 만족하는 것으로 하여 “오,부동작률이 큰 기기 동작 - 퍼지 인과관계 소속함수 값이 작은 기기 동작”으로 변환되도록 하였고, 다음 그림 1에 그 변환과정을 도시하였다. 또한, 동시 다중사고(simultaneous multiple fault)의 가능성이 단일사고의 가능성보다 작다는 것을 고려하기 위하여 다중사고의 경우에 있어서는 다중사고를 구성하는 각 단일사고 가능성을 90%만 반영하여 전체 다중사고의 가능성 값이 산출되도록 하였다.

여기에서 기기의 오동작 및 부동작률이 높다는 것은 보호기기 동작의 퍼지 인과관계에서 관련강도(strength of relation)가 약하다는 것을 의미하므로 “(차단기 부동작에 대한 퍼지관계 소속함수 값) > (계전기 부동작에 대한 퍼지관계 소속함수 값) > (계전기 오동작에 대한 퍼지관계 소속함수 값)”의 대소관계가 만족하도록 그 값을 선정하였다.

위에서 기술한 과정을 통하여 선정된 보호기기 동작의 퍼지관계 소속함수 값을 정리하면 다음의 표 2, 3, 4와 같다.

결국, 고장진단 문제를 기술하는 퍼지명제의 진리값, 즉 참일 가능성 값은 위에서 선정된 보호기기 동작을 기술하는 퍼지관계의 소속함수 값으로 사용할 수 있으며, 고장진단을 위한 추론과정은 이러한 퍼지명제들의 각 가능성 값들을 사용한 퍼지추론에 의하여 보호기기 동작의 근본원인인 사고구간

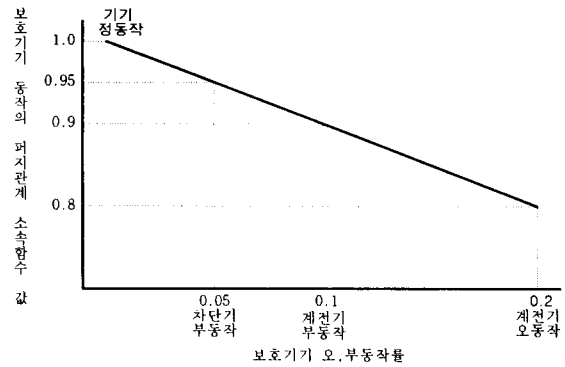


그림 1 기기 오·부동작률-퍼지관계 소속함수 값 변환

Fig. 1 Transformation from Probabilities of False or Non-Operations to Membership Values in Fuzzy Relations

표 2 계전기 동작과 사고의 퍼지관계 소속함수 값

Table 2 Membership Values for Fuzzy Relations between the Operations of Relays and the Fault

계전기 동작과 사고의 퍼지관계	사고
계전기 정동작	$\alpha 1 = 1.0$
계전기 부동작	$\alpha 2 = 0.9$
계전기 오동작	$\alpha 3 = 0.8$

표 3 차단기와 계전기 동작의 퍼지관계 소속함수 값

Table 3 Membership values for fuzzy relations between the operations of relays and circuit breakers

차단기 동작과 계전기 동작의 퍼지관계	계전기 동작
차단기 정동작	$\beta = 1.0$
차단기 부동작	$\beta = 0.95$

표 4 후비보호 계전기 동작과 기기 부동작의 퍼지관계 소속함수 값

Table 4 Membership values for fuzzy relations between operations of backup relays and non-operations

후비보호 계전기 동작 & 기기 부동작의 퍼지관계	계전기 부동작	차단기 부동작
후비보호 계전기 정동작	$\alpha 1 = 1.0$	$\alpha 1 = 1.0$
후비보호 계전기 부동작	$\alpha 2 = 0.9$	$\alpha 2 = 0.9$

에 대한 가설의 가능성을 계산하는 것으로 볼 수 있다.

이를 계전기 정동작과 사고의 인과관계에 대하여 예를 들면 다음과 같다.

$$\text{Pos}(P) = \mu_R \text{ (계전기 정동작, 사고)}$$

여기에서 Pos(P)는 “계전기 정동작의 원인은 사고이다.”라는 퍼지명제(P)의 참일 가능성, 즉, 계전기의 정동작과 사고

간 퍼지관계 (R)의 소속함수 값을 나타낸다.

결론적으로, 전력계통의 고장진단 문제는 확실한 사실 (경보)과 불확실한 그 인과관계 규칙 (보호기기 동작규칙)으로부터 여러 단계의 불확실적 추론과정을 거쳐 결론을 도출하는 과정이라 할 수 있다. 그러므로, 연역적인 확실한 결론이 도출될 수 없으며, 여러 가능한 가설 중에서 가능성이 가장 큰 가설을 선택하는 것이 타당하다.

4. 고장진단의 퍼지추론 과정

고장진단의 퍼지추론과정, 즉, 가설사고구간의 가능성 계산 과정을 다음 그림 2에 예시하였다. 그림에서 회색으로 칠해진 부분은 동작한 보호기기의 경보정보이고, 가설사고구간은 이 상황에서 가정한 하나의 사고구간이다. 또한, R과 S는 각각 보호기기 동작의 퍼지명제 혹은 퍼지관계를 나타내며, a와 b 값들은 각각에 대한 가능성 값 혹은 소속함수 값을 의미한다.

그림 2에 대한 설명은 다음과 같이 주어진다.

“어떤 구간에 사고가 발생하여 계전기가 정동작하여 차단기에 트립신호를 인가하였으나 차단기의 부동작에 의해 후보보호 계전기가 정동작하였고 이에 따른 차단기가 정동작하여 상황이 종료되었다. 또한, 사고와 관련없는 다른 계전기가 오동작하여 이에 따른 차단기가 정동작하였다.”

그림 2에 표현된 바와 같이 특정 가설사고와 관련된 보호기기 동작의 인과관계 트리구조를 보면, 하나의 기기 동작은 항상 정동작과 부동작 노드로 경로가 나뉘어 지고 오동작은 이와는 별개의 경로를 파생시킨다. 이러한 정동작 또는 부동작 가지의 분리는 OR 연산을 의미하고, 하나의 경로에 연이어 나타난 노드들은 AND 연산에 의하여 결합된다. 그러므로 가설사고구간의 가능성을 계산하는 과정은 OR-AND 연산의 중복, 즉, 퍼지명제 합성(composition)으로서 수행된다.

퍼지추론의 합성법에는 여러 가지 방법이 있으나 본 논문에서는 OR 연산에 MAX, AND 연산에 PRODUCT을 사용하는 최대-곱 합성법을 사용하였다. PRODUCT에 의한 연산은 각 값이 결과에 반영되어 축적되므로 AND 연산에 MIN을 사용하는 경우와 같이 둘 중에서 작은 값만 사용되지 않고 가설사고와 관련된 모든 퍼지명제의 가능성 값이 누적되어 추론에 반영된다. 그리고 실제 합성 연산 과정에서는 경보정보와 매칭(matching)되는 경로의 노드들만이 사용되므로 경보의 매치가 없는 경로의 추론값은 0으로 표현된다. 따라서 가설사고구간의 가능성 값을 계산하는 과정은 다음의 세 단계로 구분될 수 있다.

단계 1) 오동작 경보가 아닌 기기동작 경보의 경로에 대한 합성 퍼지명제의 가능성 값 계산. (경로에 포함되는 보호기기중에서 동작정보가 없는 기기는 오부동작한 것으로 판정한다)

$$\begin{aligned} \text{Pos1} &= \mu((R1^* \cdot S1)^* \cdot R2^* \cdot S2) \text{ (protective device, fault)} \\ &= \text{Max}(\alpha_1 \times \text{Max}(\beta_2 \times \text{Max}(\alpha_1 \times \beta_1, 0), 0), 0) \\ &= \alpha_1 \times \beta_2 \times \alpha_1 \times \beta_1 \end{aligned}$$

단계 2) 사고와 관계없이 오동작한 보호기기 경로에 대한 합성 퍼지명제의 가능성 값 계산

$$\begin{aligned} \text{Pos2} &= \mu(R3^* \cdot S3) \text{ (protective device, fault)} \\ &= \text{Max}(\alpha_3 \times \beta_1, 0) = \alpha_3 \times \beta_1 = \mu_2 \end{aligned}$$

단계 3) 단계 1과 2를 합성하여 최종적인 가설사고구간 가능성 값 계산

$$\text{Pos (fault)} = \mu_1 \times \mu_2 = \mu_3$$

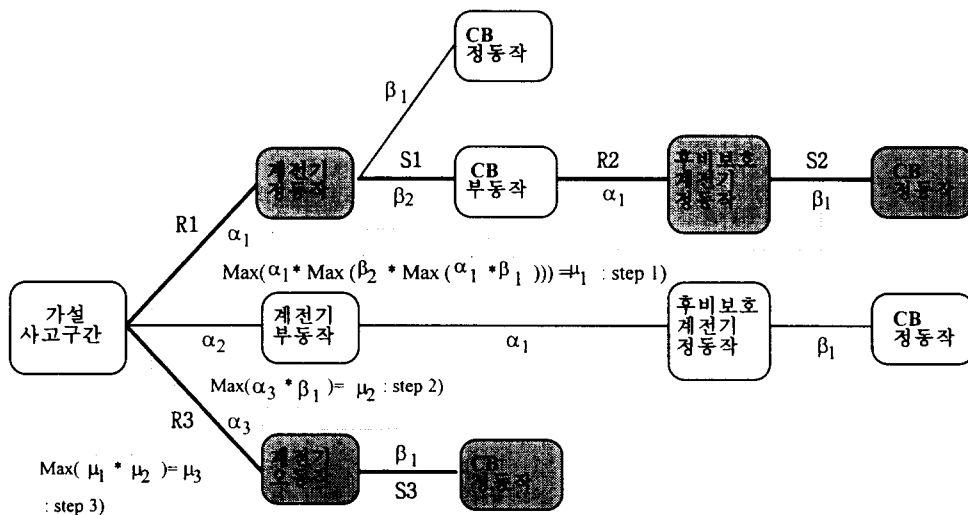


그림 2 퍼지추론 과정의 예

Fig. 2 An Example of Fuzzy Reasoning Process

위의 세 단계에 따라 모든 가설사고구간에 대한 가능성이 계산되며, 각 가설의 가능성 값을 비교하여 그 값이 가장 큰 가설을 사고구간으로 판정한다. 그러므로, 본 논문에서 제안된 퍼지추론을 사용하면 다중사고의 가설에 대한 가능성 값도 일괄적으로 계산되므로 다중사고 진단을 위한 별도의 과정이 필요없으며, 오동작 및 부동작한 보호기기도 용이하게 판별할 수 있다.

5. 전문가시스템의 지식베이스 구성

지식베이스는 데이터베이스와 룰베이스로 구성된다.

고장진단 시스템의 지식베이스를 구축하는 가장 간단한 방법은 송전망과 변전소를 구성하는 각 요소 및 보호기기, 그리고 상호 연결구조를 나열식으로 기술하는 것이다. 그러나, 이는 변전소 또는 주어진 하나의 송전망이 결정되었을 때만 가능한 일이므로 임의의 송전망 또는 변전소에 대해서는 기술이 곤란하며, 이렇게 구축된 지식베이스를 다른 계통에 적용하기 어렵다. 또한, 계통의 규모가 크고 설비가 증대되는 경우에는 지식의 수가 정비례하여 증가하므로, 이식성 및 확장성에 있어서 한계가 있다. 이에 따라 본 논문에서는 위상기반(topology-based) 지식표현 방법[14]을 채택하여 계통 구성 요소 및 상호 연결상태를 표현하였다. 데이터베이스에 저장된 지식과 그 예는 다음과 같다.

- 1) 계통 구성요소(단위설비 및 보호기기)에 관한 지식
- 2) 구성요소간 연결구조에 관한 지식
- 3) 수신된 보호기기 동작 경보

단위설비인 송전선로와 모선과 변압기 사이의 연결구조의 표현을 예시하면 다음과 같으며, 팔호안의 인자들에 따라 객체 또는 객체의 상태가 정의된다.

TL (*tl_name, r, x, c, capacity, tl_type*)
 여기서, **tl_name**: 송전선의 이름
r: 송전선의 저항
x: 송전선의 리액턴스
c: 송전선의 캐패시턴스
capacity: 송전선의 용량 (MVA)
tl_type: 송전선의 종류 (가공/지중)

HBus_Tr_Data (*tr_name, cb_no, ls_no_list*)
 여기서, **tr_name**: 변압기의 이름
cb_no: 변압기에 연결된 차단기 번호
ls_no_list: 변압기를 통하여 모선에 연결된 선로 스위치들의 번호리스트

규칙베이스는 주어진 데이터와 경보, 각 단위설비의 보호 방식, 경험에 근거한 현장 운전원의 판단 등을 일반화하여 다음과 같이 사고구간 판정을 위한 규칙들로 구성된다.

- 1) 스위치 개폐 정보에 따른 계통 연결상태 인식 규칙
- 2) 보호기기 동작조건과 관련된 규칙
- 3) 과거 사고분석을 통한 경험적 규칙

- 4) 사고설비 추정을 위한 규칙
- 5) 추론 결과인 해의 설명을 위한 규칙
- 6) 오동작 및 부동작한 기기 판별을 위한 규칙

6. 사례연구

본 절에서는 그림 3의 모의계통에 사고가 발생한 상황에 대한 고장진단 사례연구에 대하여 설명하기로 한다. 모의계통에서 1번, 2번 모선은 평상시 모선연결(bus-tie) 차단기를 닫은 상태로 운전 중이며, 모선의 보호는 각각의 전압차동 계전기에 의해 독립적으로 이루어진다. 그러므로, 각 모선의 후비보호는 인접 변전소의 선로보호용 거리계전기가 담당한다.

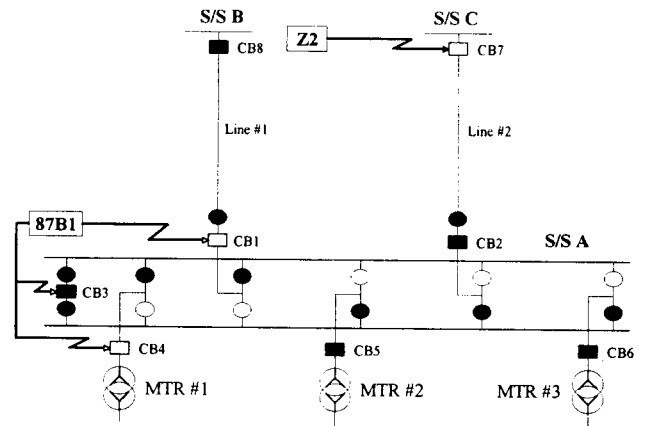


그림 3 모의 계통
 Fig. 3 Sample Power System

다음은 변전소에서 사고가 발생하여 수신된 경보정보이다.

- 변전소 A의 1번 모선 보호용 차동계전기 87B1
- 변전소 C의 거리계전기 Z2
- 변전소 A의 차단기 CB1, CB4
- 변전소 C의 차단기 CB7

모든 가설사고구간에 대한 가능성 및 이에 따른 우선순위는 다음 표 5에 제시되어 있는데, 우선순위에 따라 다음의 두 가설에 대해서만 설명하기로 한다. 다음 그림 4, 5은 이 두 가설사고의 가능성 값을 추론하는 과정을 설명하는 인과관계 트리를 나타내고 있는데, 간략하게 표현하기 위하여 추론과 상관없는 경로는 표시하지 않았고 가능성 계산과정에서 0으로 표시된 부분이 바로 이러한 경보정보가 없는 경로를 의미한다. 여기서 회색으로 칠해진 부분은 경보정보를 의미한다.

1번 모선의 사고에 대한 가설 및 계산과정은 다음과 같다.

“변전소 A의 1번 모선 HBUS#1에 사고가 발생하여 차동계전기 87B1가 정동작하고 차단기 CB1, CB3, CB4에 트립신호를 인가하였고, CB1과 CB4는 정동작하였으나, CB3는 부동작하였음. 따라서 후비보호로 변전소 C의 거리계전기 Z2가 정동작하여 차단기 CB7에 트립신호를 인가하였고, CB7의 정동작으로 상황 종료됨.”

표 5 모의계통에 대한 진단 결과

Table 5 Diagnosis Results for Sample Power Systems

경 보	가설구간	오동작 기기	부동작 기기	가능성	우선순위
87B1 (변전소 A) Z2	1	1번 모선		0.95	1
	2	2번 모선	87B1 at S/S A	0.68	3
	3	2번 선로	87B1 at S/S A	0.62	4
(변전소 C) CB1	4	1번모선과 2번모선		0.69	2
	5	1번모선과 2번선로		0.62	4
(변전소 A) CB4	6	2번모선과 2번선로	87B1 at S/S A	0.45	8
(변전소 A) CB7 (변전소 C)	7	1번모선과 2번모선 및 2번선로		0.50	7
8	무사고	87B1 at S/S A	CB3 at S/S A	0.61	6

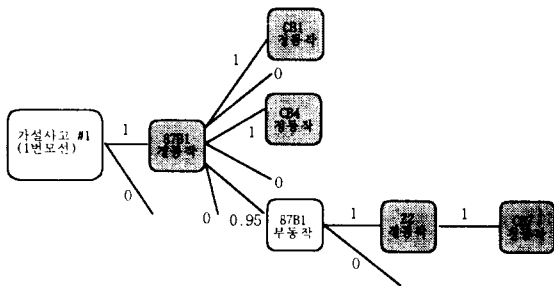


그림 4 가설사고구간 #1의 가능성 값 계산과정
Fig. 4 Evaluation of Possibility Value for Fault Section Hypothesis #1

$$\begin{aligned} \text{Pos}(\text{Hypothesis \#1}) &= \text{Max}[1 \times (\text{Max}(1, 0) \times \text{Max}(1, 0) \times \\ &\quad \text{Max}(0, 0.95 \times \text{Max}(1 \times 1, 0))), 0] \\ &= 0.95 \end{aligned}$$

1번과 2번 모선의 다중사고에 대한 가설과 계산과정은 다음과 같다,

“변전소 A의 1번 모선과 2번 모선에 사고가 발생. 1번 모선 보호 차동계전기 87B1의 정동작으로 차단기 CB1, CB3, CB4에 트립신호를 인가하였으며, CB1과 CB4는 정동작, CB3는 부동작함. 그러나 2번 모선 보호 차동계전기 87B2는 부동작하였으며 후비보호로 변전소 C의 거리계전기 Z2가 정동작하여 차단기 CB7에 트립신호를 인가하였고, CB7의 정동작으로 상황 종료됨.”

$$\begin{aligned} \text{Pos}(\text{Hypothesis \#4}) &= [(\text{Pos}(\text{HBUS\#1 단일사고}) \times 0.9) \times \\ &\quad (\text{Pos}(\text{HBUS\#2 단일사고}) \times 0.9)] \\ &= [(0.95 \times 0.9) \times \\ &\quad \text{Max}(0, 0.9 \times \text{Max}(1 \times 1, 0))] \times 0.9 \\ &= [0.855 \times 0.81] = 0.69 \end{aligned}$$

이와 같은 과정을 통한 전체적인 진단결과는 위의 표 5에 표시하였으며, 이로부터 사고구간은 1번 모선으로 판정된다.

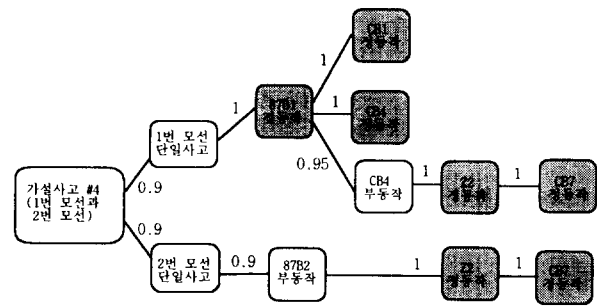


그림 5 가설사고구간 #4의 가능성 값 계산과정
Fig. 5 Evaluation of Possibility Value of Fault Section Hypothesis #4

여기에서 주목할 사항은 다중사고도 단일사고와 동일한 과정에서 처리되므로, 기존의 연구에서와 같은 다중사고 진단을 위한 별도의 작업없이 간단히 처리된다는 점이다.

7. 결 론

본 논문에서는 보호기기 동작의 인과관계를 퍼지관계로 규정하고, 퍼지추론에 의하여 각 가설사고구간에 대한 가능성 값을 계산하는 고장진단 방법을 제안하였으며, 위상기반 지식 표현 방법을 사용하여 지식베이스의 이식성 및 확장성의 향상을 도모한 전문가시스템을 제안하였다. 향후 변전소와 송전망을 일괄적으로 진단할 수 있는 통합 진단시스템의 구축이 이루어질 것으로 기대된다.

본 연구는 한국전력공사 (기초전력연구소 97-중-01)의 연구비 지원과 1998년도 광운대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음.

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, Oct. 1986

[2] B. Jeyasurya, S. S. Venkata, S. V. Vadari, J. Postforoosh, "Fault Diagnosis using Substation Computer", Proc. of CIGRE, 1989

[3] C. A. Protopapas, K. P. Psaltiras, A. V. Machias, "An Expert System for Substation Fault Diagnosis and Alarm Processing", IEEE Trans. on PWRD, Vol. 6, No. 2, Apr. 1991

[4] Shunichi Ito, Isao Hata, Taizo Hasegawa, et al., "Advanced Operation Guidance Expert System for 500KV Substation", Proc. of 3rd Symposium on ESAP, Apr. 1991

[5] Syoichi Muto, Tetsuo Matsuda, Yoshihumi Yamagata, et al., "Supervisory System for Substation with Expert System", Proc. of 3rd Symposium on ESAP, Apr. 1991

[6] 이흥재, 박영문, 임찬호, "조작원 훈련용 전력계통 사고모의 및 고장진단 전문가 시스템의 연구", 대한전기학회논문지, Vol. 43, No. 4, Apr. 1994

[7] 박영문, 이흥재, 윤용범, 임찬호, "변전소 자동화를 위한 고장진단 전문가 시스템 연구", 대한전기학회논문지, Vol. 44, No. 3, Mar. 1995

[8] Heung-Jae Lee, Young-Moon Park, "A Restoration Aid Expert System for Distribution Substations", IEEE Trans. on PWRD, Vol. 11, No. 4, Oct. 1996

[9] Heung-Jae Lee, Chan-ho Lim, Bok-Shin Ahn, Young-Moon Park, S. S. Venkata, "An Advanced Fault Diagnosis System and SCADA Simulator", Proc. of ISAP, Jul. 1997

[10] Y. M. Park and H. J. Lee, "An Expert System for the Fault Diagnosis in Power System", IFAC on PSPPC, Aug. 1989

[11] H. J. Cho, J. K. Park, "An Expert System for Fault Section Diagnosis of Power Systems using Fuzzy Relations", IEEE Trans. on PWRD, Vol. 12, No. 1, Feb. 1997

[12] G. J. Klir and B. Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic : Theory and Application, Prentice Hall, 1995

[13] Y. M. Park, H. J. Lee, Y. B. Yoon, "Development of Operation Support System for Sub Control Center", Trans. of KIEE, Vol. 44, No. 2, Feb. 1995

[14] H. J. Lee, Y. M. Park, J. K. Park, "Investigation of Effective Topology Representation for Substations", Trans. of KIEE, Vol. 45, No. 7, Jul. 1996

저 자 소 개



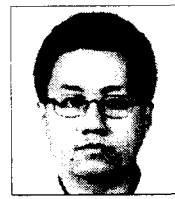
이 흥 재 (李興載)
 1958년 1월 28일생. 1983년 서울대 공대 전기 공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전기 공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기 공학과 졸업(공학박). 1995년~1996년 미국 워싱턴 주립대 방문교수. 현재 광운대 공대 전기 공학과 부교수.

Tel : 02-940-5147
 E-mail : hjlee@daisy.kwangwoon.ac.kr



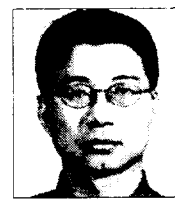
이 철 균 (李哲均)
 1972년 12월 22일생. 1995년 광운대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : 02-940-5147
 E-mail : kyun@power.kwangwoon.ac.kr



박 등 용 (朴登用)
 1969년 9월 27일생. 1992년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1994년 동대학원 졸업(석사). 현재 LG산전 연구소 전력시스템 연구실 연구원.

Tel : 0343-388-5790
 E-mail : ttegur@hanmail.net



김 성 희 (金成熙)
 1966년 1월 10일 생. 1988년 서울대 공대 전기공학과 졸업, 1988년~1999년 2월, LG산전 연구소 전력시스템 연구실 계통연구팀장, 책임연구원. 현재 피앤씨테크(주) 시스템개발실장, 책임연구원.

Tel : 0343-388-5791
 E-mail : shkim@pnctech.co.kr



안 복 신 (安福信)
 1957년 11월 6일 생. 1980년 서울대 공대 전기공학과 졸업, 1982년 동 대학원전기공학과 졸업(석사). 1998년 동 대학원 전기공학부 졸업(공학박). 1982년~1990년 한국 전기연구소 근무. 1990년~1999년 2월 LG산전 연구소 전력시스템 연구 실장. 현재 피앤씨테크(주) 대표이사.

Tel : 0343-388-5791
 E-mail : bsahn@pnctech.co.kr