

# 지식공학에 의한 전선 착설 예측 및 대책 결정 기법

## (Knowledge Engineering Method to Estimation of Snow Accretion on Power Lines and Decision of Deicing Countermeasures)

최규형\*

(Kyu - Hyoung Choi)

### 요 약

전선착설로 인한 전력설비에의 피해를 방지하기 위하여, 전선착설을 예측하고 적절한 전선착설 방지대책을 제시하는 것은, 전선착설로 인한 피해 발생의 가능성과 전력계통의 안정적 운영의 양 측면을 동시에 고려하여야 하기 때문에 고도의 판단과 결단이 필요한 문제로서, 지식공학적 수법을 적용하는 것이 매우 효과적인 분야이다. 이에 따라, 전선착설의 예측과 방지대책 수립에 관련된 경험적 지식을 지식베이스화하여 전문가 시스템을 구축하고, 사례 데이터를 이용한 시뮬레이션을 통하여 제안 기법의 유효성을 확인하였다.

### Abstract

To prevent the damage of power system facilities by snow accretion on transmission lines, a prototype expert system has been developed. The system has the basic functions of forecasting snow accretion on transmission lines and making a list of all feasible and effective deicing countermeasures to assist power system operators. As estimating of snow accretion on power lines and making countermeasure plans are very difficult to solve analytically, knowledge engineering can be an effective method for this problem. The heuristics about the effect of weather conditions on the snow accretion process on power lines and power system operation for the deicing constitutes main rule base. Simulation results based on past snow accretion accident data show that the proposed system is very promising.

**Key words** : Snow Accretion, Power Line Conductor, Deicing Current, Knowledge Engineering

### 1. 서 론

전선에 빙설이 부착될 경우(이후, 전선착설), 전선 및 지지물에 부리한 하중을 가하게 되고, 심할 경우 전선의 단선이나 지지물의 붕괴와 같은 중대사고로 발전되어 전력설비에 심각한 장애를 일으킬 가능성이 있다[1]. 이와 같은 전선착설 장애를 방지하기 위하여, 전선에 대전류를 흐르게 함으로써 전선에 부착한 빙설을 녹이는 전선착설 방지대책(이후, 방설

\* 주저자 : 한국철도기술연구원 수석연구원  
Tel : 031-460-5431, Fax : 031-460-5449  
E-mail : khchoi@krii.re.kr  
접수일자 : 2003년 3월17일  
1차심사 : 2003년 3월25일  
심사완료 : 2003년 4월30일

대책)을 강구할 수 있다[2]. 이와 같은 방설대책은, 착설이 발달한 후에는 효과가 작기 때문에, 착설이 시작되는 초기단계에 실시되어야 하는데, 착설이 발생하기 시작하는 초기단계에서 착설이 계속 진행되어 사고에 이르게 될 지를 예측하는 것은 대단히 어렵다는 문제점이 있다[3-5]. 또한, 방설대책은 전선에 대전류를 흐르게 하도록 전력설비를 제어하기 때문에, 전력계통의 신뢰도와 경제적 운용을 악화시킨다는 문제점이 있다. 이에 따라, 전력계통운영자는 전선착설의 예측 및 그로 인한 전력설비의 피해 발생 가능성과 전력계통의 안정적 운용을 동시에 감안하여 방설대책의 선정과 그 실시 시기를 결정하여야 하기 때문에, 경험을 토대로 한 고도의 판단과 결정이 필요하게 된다. 이와 같이, 정형화된 문제 해결이 곤란하여 경험적 지식에 의존해야 하는 문제에 대해서는 지식공학적 수법을 적용하는 것이 효과적으로서, 전선착설의 예측 및 방설대책의 수립에 대한 전문가의 경험적 지식을 지식공학적 수법을 응용하여 시스템화함으로써, 전력설비 운용을 지원함과 동시에 관련 지식의 계승발전을 꾀할 필요성이 대두되었다[6-8].

이상과 같은 배경을 토대로, 기상정보 및 전력계통정보로부터 전선착설 상황을 추론하고, 적절한 방설대책을 제시하여 전력계통운영자를 지원하기 위한 전문가 시스템을 개발하였다. 개발한 시스템에서는, 선로별/지구별로 전선착설에 대한 주의도 추론을 통하여 현재의 전선착설 상황과 향후의 전선착설 성장 가능성을 추론하고, 이를 종합하여 전선착설로 인한 사고의 발생가능성(방설대책의 필요성)을 도출하고, 전력계통운영면에서 실시 가능함과 동시에 효과적인 방설대책을 제시하도록 5 단계로 구분하여 지식베이스를 구축하였다. 지식 시스템용 언어인 OPS83을 이용하여 지식베이스를 기술하고, 추론속도가 높은 전향추론(Forward-chaining) 방식의 추론 엔진을 구현하였으며[9], 사용자 편의를 위한 전용의 사용자 인터페이스를 구축하였다.

제안한 시스템의 유효성을 검증하기 위하여, 과거 실제로 발생했던 전선착설 사고 발생시의 전력설비 및 기상정보 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 검토하였다.

## 2. 전선착설 예측 및 방지 대책

### 2.1 전선착설 예측

전력계통측에서 전선착설을 검지하기 위한 방법으로는, 선로에 로드셀을 장착하여 착설에 의한 전선에의 기계적 하중의 변동을 측정하는 방법이 유력하다[10]. 또한, 전선에 착설이 발생할 경우, 대기 정전용량이 증대되어 전력선 반송파의 전송손실이 증가하므로, 반송파의 전송손실을 주기적으로 측정해서 착설상황을 판단하는 방법도 효과적으로 적용될 수 있다[11].

한편, 전선착설의 발생에 영향을 미치는 기상조건들은 지역에 따라 차이가 있으므로, 해당 지역별로 데이터베이스를 구축하여 그 특성을 정리할 필요가 있다. 본 연구에서 검토한 대상 지역에서의 기상조건 특성은 다음과 같다[12]. 전선에 착설이 부착되어 사고가 발생할 때의 지상 기온은, 대부분  $-0.6 \sim +2.1^{\circ}\text{C}$ 의 범위에 속하며, 상층부의 기온도 예년의 평균치에 비하여 높고, 이것이 수분 포함율이 높은 설편을 지상에 뿌리게 되는 원인이 되고 있다. 착설사고 시와 그 6시간전의 습도의 평균치로 보면, 착설사고의 대부분은 90% 이상의 매우 높은 습도하에서 발생한다. 이상과 같은 기온과 습도의 기상조건으로부터, 습기를 많이 품은 습설이 되어 착설이 발생하기 쉬운 것으로 조사되었다. 전선착설의 발달에 기여하는 인자로서 강설량에 대해 살펴 보면, 사고 발생시의 강설량은  $3 \sim 5[\text{mm/H}]$  정도가 많이 관측되고 있다. 또한, 대형 착설사고의 대부분은  $10[\text{mm}]$  이상의 강풍하에서 발생하고 있는데, 강풍하에서는 전선에 실제로 충돌하는 실질 강설량이 증가하므로 착설 가능성이 높아지고, 여기에 강풍으로 인한 선로에의 기계적 하중이 가중됨에 따라, 대형 사고의 발생가능성이 높게 나타난다. 실질 강설량이  $40 \sim 50[\text{mm/H}]$  이상일 경우, 중대한 착설사고의 발생 확률이 높게 나타나고 있다.

이상과 같은 기상조건과 전선착설 프로세스와의 인과관계로부터 착설을 예측하는 수법과, 전력계통에 설치된 착설검지장치에서 획득된 데이터의 해석법을 체계화하여 지식베이스를 구축했다. 그림 1은

```

rule SLIGHT_SNOW_ACCRETION2
{
(X-area of Line-A has Proper_Temperature_for
_Snow_Accretion for more than 3 hours);
(X-area of Line-A has Proper_Wind_Speed_for
_Snow_Accretion for more than 3 hours);
(X-area has had Snow_Fall);
→
(X-area of Line A may have
Slight_Snow_Accretion_on_Line);
}

rule SNOW_ACCRETION_GROW2
{
(X-area of Line-A has Proper_Temperature_for
_Snow_Accretion Now);
(X-area of Line-A has Proper_Wind_Speed_for
_Snow_Accretion Now);
(X-area has Snow_Fall)
→
(X-area of Line-A may have Some_Possibility
_of_Snow_Accretion_Development);
}

rule NECESSITY_DEICING_COUNTERMEASURE1
{
(X-area of Line-A has
Slight_Snow_Accretion_on_Line);
(X-area of Line-A has Some_Possibility
_of_Snow_Accretion_Development);
→
(X-area of Line-A needs
Deicing_Countermeasure_As_Soon_As_Possible);
}
    
```

그림 1. 전선착설 추론 룰의 예  
Fig. 1. Example of rules for estimation of snow accretion

전선착설 상황 및 방설대책의 필요성을 추론하기 위한 지식베이스의 일부 사례로써, 인공지능 언어인 OPS83을 이용하여 if-then 형식의 룰로 기술되어 있다. 이 추론과정에 있어서, 참조되는 기상조건과 착설검지장치 데이터의 기준 값은, 과거에 발생했던 착설사고시의 통계데이터와 착설대책 전문가로부터 획득되어진 것으로서, 새로운 정보가 있을 때는 용이하게 수정될 수 있도록 데이터베이스화되어 있다.

## 2.2 전선착설 방지대책

전선착설을 제거하기 위하여 사용되는 방설대책

표 1. 방설 대책  
Table 1. Decining countermeasures

분 류	방설 대책명	계통에의 영향 범위
계통 협조	발전 조정 부하 절체	전체 전력계통
2선로 협조	타 선로와 용설회선 구성 병행선로 정지 병행선로와 1회선 정지	2 선로
단독 대책	용설회선 구성 1회선 정지 인력에 의한 제설	해당 선로 단독

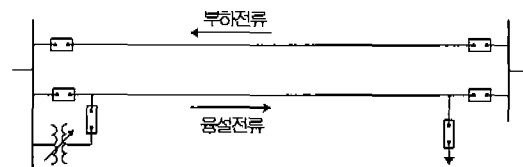


그림 2. 용설회선 구성  
Fig. 2. Configuration of Deicing Circuit.

은 표 1과 같은 것들이 있다. 이중에서, “용설회선 구성”은, 그림 2에 보이는 것처럼, 2회선 선로중 1회선을 정지시키고 변압기와 차단기를 이용하여 단락 회로를 구성함으로써 3상 단락전류를 흐르게 하는 방식으로, 선로 허용전류의 60~70%까지 전류를 흘리고 있다.

전선착설 사고가 예상되는 선로에 대한 방설대책의 결정은, 각 방설대책의 실시가능성(선로용량등의 전력계통 운영상 제약조건을 위반하지 않음)과 유효성(충분한 방설전류가 얻어짐)을 종합적으로 고려해서 수행된다. 이러한 방설대책 결정에 관련된 계통 운용자의 경험적 지식 및 전력계통 운영에 관한 정보를 시스템화해서, 전선착설 방지대책을 결정하기 위한 지식베이스를 구축했다.

## 3. 시스템의 구조 및 추론방식

### 3.1 시스템의 구조

시스템은 그림 3에 보이는 것처럼, 사용자 인터페

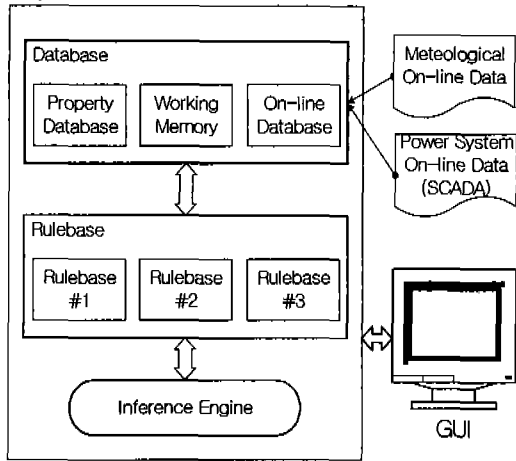


그림 3. 시스템 구성도  
Fig. 3. System Configuration.

이스(GUI), 추론 엔진, 데이터베이스 및 룰베이스로 구성되어 있다. 대부분의 시스템이 지식 시스템용 언어인 OPS83으로 기술되어 있는데, 추론속도를 향상시킴과 동시에 룰의 중요도를 참조하고 룰간의 결합을 효과적으로 처리할 수 있도록 튜닝된 추론 엔진이 사용되고 있다.

사용자 인터페이스는 제안 시스템을 누구나 사용할 수 있도록 하는데 중점을 두고 개발된 것으로, 사용자와의 대화를 통하여 추론진행을 제어하고 추론 결과를 표시하며 질의응답을 수행한다. 메뉴 선택방식을 채택하여, 주어진 메뉴에 대해서 희망하는 처리의 번호를 선택하도록 되어 있다. 또한, 데이터베이스를 관리하기 위한 기능도 포함되어, 데이터의 등록, 변경, 표시 및 데이터간의 모순 여부를 분석할 수 있다.

추론의 진행은, 사용자 인터페이스의 대화를 통하여, 지정한 파일로부터 데이터가 입력되고, 그 후 추론을 수행하는 범위(추론단계의 번호, 추론대상의 선로/지구명)와 추론결과의 표시방식(전체 추론결과 표시, 선로별 표시, 지구별 표시)등에 대한 선택 메뉴를 순차적으로 선택함으로써 수행된다.

### 3.2 데이터베이스의 구조

데이터베이스는 표 2와 같은 특성 데이터베이스

표 2. 특성 데이터베이스  
Table 2. Characteristic database

데이터명	내 용
지구명	포함하는 선로 목록, 위험 기압 패턴 목록, 착설 적은 범위, 착설 적합 풍속 범위, 위험 누적 강설량, 위험 누적 실질 강설량, 위험 누적 강설량 변화율
선로명	연선 지구 목록, 1회선 선로용량, 용설 적합 전류치, 노드 번호, 리액턴스, 위상각, 용설회선 설비, 병행선로, 로드셀 설치상황, 전력 반송과 전송손실 기준값

표 3. 온라인 데이터베이스  
Table 3. On-line database

데이터명	내 용
기상 상황	기압 패턴, 기온, 습도, 풍속, 강수량, 상층 기온, 누적강수량, 실질강수량, 누적실질강수량, 누적강수량 변화율, 누적실질강수량 변화율, 착설 적은 지속시간, 착설적합풍속 지속시간
전력계통 상태	부하전류, 전력선 반송과 전송손실/변화율, 로드셀 동작상태

와 표 3에 보이는 온라인 데이터베이스로 구성된다. 특성 데이터베이스는, 각 선로·지구별로 고유한 데이터로써, 전력설비 구성에 대한 데이터, 각 선로별 착설검지설비나 방설대책 결정에 필요한 데이터 및 각 지구별로 착설이 발생하기 용이한 기상조건에 관한 데이터가 저장되어 있다. 여기서 지구라고 하는 것은, 기상관측지점을 기준으로 감시대상지역을 여러 개의 소단위 지역으로 분할한 것을 의미한다.

또한, 온라인 데이터베이스에는, 시시각각 변동하는 상황데이터를 실시간으로 전송받아 저장하는 데이터로써, 기상관측시스템으로부터 전송되는 기상상황 데이터와 전력계통 원격감시제어시스템(SCADA)로부터 전송되는 전력계통 상태 데이터가 포함되어 있다.

표 4. 전선착설 추론  
Table 4. Snow accretion inference

등급	추론 단계			
	전선착설 주의도	전선착설 상황	전선착설 성장가능성	방설대책 필요성
1	경보	중도 착설 확인	성장중	사고 발생 위험
2	강한 경계	중도 착설 추론	가능성 높음	즉시 수행할 필요 있음
3	경계	경도 착설 확인	가능성 있음	가능한 빨리 수행 필요
4	주의	경도 착설 추론	가능성 작음	대책 준비 필요
5	정상	착설 없음	낙설중	대책 필요 없음

3.3 룰베이스의 구조 및 추론방식

전선착설의 예측과 방설대책의 결정등을 위한 룰들을, 전선착설 주의도, 전선착설 상황, 전선착설 성장 가능성, 방설대책의 필요성 및 방설대책 결정을 추론하는 5 단계의 룰베이스로 분류하고, 각각 독립적인 모듈로 구성하였다. 이와 같이 룰베이스를 모듈화함으로써, 룰 상호간의 의존관계나 상반관계가 명확하게 되어 룰베이스의 관리가 용이하게 되었다. 이하, 각 룰베이스의 개요를 설명한다.

전선착설 주의도를 추론하기 위한 룰베이스는 각 지구별 기상상황 데이터로부터 전선착설에 대한 주의도를 추론하여 표 4에 보이는 5단계로 구분하여 제시함으로써, 전선착설 상황에 대비할 수 있도록 한다. 또한, 여기에서의 추론결과는, 다음 단계에서 착설상황을 추론하기 위한 기본 정보로 제공된다.

전선착설 상황을 추론하는 룰베이스는 실시간으로 입력되는 기상정보 및 전력계통정보들로부터 각 선로·지구별 특성 데이터를 참조하여, 각 선로의 특정 지구부근의 선로구간에서 전선착설이 어느 정도 발생하고 있는 지 그 상태를 추론한다. 또한, 선로 현장으로부터 실제로 확인된 정보도 반영하여, 전선착설 상황에 대한 추론결과를 표 4에 보이는 5 등급으로 구분하여 제시한다.

전선착설 성장 가능성 룰베이스는 선로·지구 고유의 특성 데이터와 실시간 기상정보 및 전력설비정보의 변동추이를 결합하여, 각 선로구간별로 향후 착설이 성장할 가능성이 어느 정도인지를 추론하여 표 4에 보이는 5 등급으로 구분하여 나타낸다.

방설대책 필요성 룰베이스는 각 선로구간별로 현재의 착설상황과 향후의 성장가능성에 대한 추론결과를 종합하여, 「전선착설로 인한 사고 발생 가능성」, 즉 「방설대책의 필요성」을 추론한다. 방설대책의 필요성에 대한 추론결과는, 전력계통운영자들이 이해하기 쉽고 대책결정에 대한 판단을 하기 쉽도록 표 4에 보이는 것처럼 직관적인 형태로 제시한다. 또한, 각 선로구간별 추론결과를 종합하여, 선로 전체에 대한 방설대책의 필요성을 제시한다.

방설대책 결정 룰베이스는 전력설비에 대한 특성 데이터베이스와 실시간 전력계통 상태데이터를 참조하여, 표 1과 같은 방설대책에 대하여 그 실시가능성과 유효성을 추론한다. 즉, 2회선 선로일 경우의 1회선 정지나, 병행선로가 있을 경우의 그 선로의 정지, 선로 단독 또는 타 선로와의 용설회선 구성에 대하여 설비의 허용전류를 초과하게 되는지 여부를 조사하여 실시가능성을 결정하고, 이러한 전력설비 제어에 의해 충분한 방설전류가 얻어지는 지를 분석하여 유효성을 결정한다. 또한, 발전 조정이나 부하 절체와 같이, 전체 전력계통의 상태를 변화시키는 대책에 대해서는, 전력계통운영자의 협조를 받아 그 실시 가능성을 검토하도록 한다. 이상과 같은 추론의 결과, 복수의 방설대책이 실시 가능할 경우에는, 사용자가 최적 대책을 선택하여 최종적인 방설대책 계획을 확정하도록 한다.

4. 시뮬레이션 사례

제안 시스템의 유효성을 검토하기 위하여, 과거의 전선착설 사고 데이터를 이용해서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 4는 단선 사고가 발생했던 선로(이후, A선)에 대한 추론결과중 일부를 보인다. 여기서, O. E. U 지구부근이라고 하는 것은, 기상관측지점을 기준으로 하여 A선을 복수의 선로구간으로 구분한 것으로써, 사고는 E 지구부근에서 발생하였다. 표 5

지식공학에 의한 전설 착설 예측 및 대책 결정 기법

<p>***** SNOW ACCRETION WARNING for LINE A</p> <p>--inferred-- ALARM for O AREA                  --inferred-- ALARM for U AREA                  --inferred-- ALARM for E AREA</p> <p>***** SEVERITY of SNOW ACCRETION on LINE A</p> <p>--inferred-- NO SNOW ACCRETION for O AREA                  --inferred-- NO SNOW ACCRETION for U AREA                  --inferred-- NO SNOW ACCRETION for E AREA</p> <p>***** SNOW ACCRETION DEVELOPMENT for LINE A</p> <p>--inferred-- GREAT POSSIBILITY for E AREA                  --inferred-- SMALL POSSIBILITY for O AREA                  --inferred-- SOME POSSIBILITY for U AREA</p> <p>***** NECESSITY of COUNTERMEASURE for LINE A</p> <p>--inferred-- A.S.A.P for E AREA                  --inferred-- NO NEED for O AREA                  --inferred-- NO NEED for U AREA</p> <p>***** SUITABLE COUNTERMEASURES for LINE A</p> <p>--instruction-- TAKE MEASURES A.S.A.P for LINE A                  --measures-- The available countermeasures are ;                  GENERATION ADJUSTMENT,                  LOAD TRANSFER,                  DEICING BY MANPOWER                  --attention-- The following section needs special                  attention ;                  E AREA,</p>	<p>***** SNOW ACCRETION WARNING for LINE A</p> <p>--inferred-- EMERGENCY for E AREA                  --inferred-- EMERGENCY for U AREA                  --inferred-- ALARM for O AREA</p> <p>***** SEVERITY of SNOW ACCRETION on LINE A</p> <p>--inferred-- SEVERE SNOW ACCRETION for E AREA                  --inferred-- SEVERE SNOW ACCRETION for U AREA                  --inferred-- NO SNOW ACCRETION for O AREA</p> <p>***** SNOW ACCRETION DEVELOPMENT for LINE A</p> <p>--inferred-- GREAT POSSIBILITY for E AREA                  --inferred-- SMALL POSSIBILITY for O AREA                  --inferred-- SMALL POSSIBILITY for U AREA</p> <p>***** NECESSITY of COUNTERMEASURE for LINE A</p> <p>--inferred-- WILL SUFFER ACCIDENTS for E AREA                  --inferred-- PREPARATION NEEDED for U AREA                  --inferred-- NO NEED for O AREA</p> <p>***** SUITABLE COUNTERMEASURES for LINE A</p> <p>--instruction-- WILL SUFFER ACCIDENTS for LINE A                  --measures-- The available countermeasures are ;                  GENERATION ADJUSTMENT,                  LOAD TRANSFER,                  DEICING BY MANPOWER                  --attention-- The following section needs special                  attention ;                  E AREA, U AREA</p>
(a) 사고발생 6시간 20분 전	(b) 사고발생 4시간 20분 전

그림 4. 사고사례에 대한 시뮬레이션 결과  
 Fig. 4. Simulation results for accidents case

는 A선이 경과하는 지구의 기상관측지점으로부터 측정된 기상상황 데이터를 나타낸다.

사고발생 6시간 20분전의 시점에서의 추론결과를 보면, O지구 및 U지구부근에서는, 「착설도 없고, 성장가능성도 높지 않다」로 추론되었기 때문에 방 설대책의 필요는 없는 것으로 나타났다. 그러나, E

지구부근에서 「착설은 없으나, 성장 가능성이 높다」라는 주의와 함께 「가능한 한 빨리 방 설대책이 필요하다」라는 경고가 발령되었다. 결론적으로, 사 고발생 6시간 20분전의 시점에서 A선에 대해서 가 능한 한 빨리 방 설대책을 실시해야 한다고 경고하고 있다.

표 5. 사고발생시의 기상상황 데이터  
Table 5. Weather data of accident

데이터 명	사고 시점 기준					
	6시간20분 전			4시간20분 전		
	E	O	U	E	O	U
기온℃	1.4	0.6	0.7	0.8	0.3	0.5
풍속㎞/h	4	4	6	4	5	6
강설량mm/H	2.5	2	1	3	1	2
누적강설량mm	17.5	6	12	23	8	16
실질강설량mm	10	8	6	12	5	12
누적실질강설량mm	71	23	85	95	33	109
누적강설량mm	3.8	1.3	2	2.7	1.3	1.7
누적실질강설량mm	17.7	5.7	15	11.5	6	10
습도%	92	92	92	94	94	94

사고발생 4시간 20 분전의 시점에서는, E지구부근에서 「중도의 착설이 발생하였다」와 함께 「성장할 가능성이 높다」는 추론결과가 도출되어, 「착설사고가 발생할 가능성이 높다」라는 경고가 발령되었다. 또한, U 지구부근에서도 「중도의 착설이 발생하였다」와 함께 「방설대책의 준비가 필요하다」는 추론결과가 도출되었다.

그리고, 적절한 방설대책으로서는 A선에 용설회선을 구성하기 위한 설비나 병행선로가 없고, 2회선 중 1회선 정지만으로는 충분한 방설전류가 얻어지지 않기 때문에, 「발전 조정」, 「부하 절체」, 및 「인력에 의한 낙설」이 제시되어 있다. 즉, 발전조정이나 부하절체를 통해서 충분한 방설전류가 얻어지지 않을 경우에는, 인력에 의해 착설을 제거하는 방법을 취할 수 밖에 없었다는 것을 알 수 있다.

### 5. 결 론

지식공학적 기법을 이용하여, 전선착설을 예측하고, 전선착설로 인한 사고를 미연에 방지하기 위하여 전력계통을 제어하는 방설대책의 결정에 대한 경험적 지식을 지식 베이스화하여 전문가 시스템을 구축하였다. 실제 전선착설 사고시의 데이터를 토대로 시뮬레이션을 수행한 결과, 전력계통 운영자를 지원하여 효과적인 대책을 수립할 수 있도록 적절한 추론결과를 제시하는 것을 확인하였다.

전선착설은 기상조건에 따라 크게 변동되어 정확한 예측이 곤란하며, 전선착설 방지대책은 전력계통의 안정적, 경제적 운영을 저해한다는 문제가 있다. 따라서, 전선착설 방지대책의 결정은 전선착설로 인한 피해발생 가능성과 전력계통의 안정적 운영의 양 측면을 동시에 고려하여야 하기 때문에 고도의 판단과 결단이 필요한 문제로서, 본 연구에서 제안한 지식공학적 접근방법이 효과적인 대안이 될 수 있다. 이 방법은, 전선착설 예측과 방설대책 수립에 대한 지식의 추가 및 개량을 용이하게 할 수 있도록 지원함으로써, 향후 관련 지식의 계승·발전을 지원하는 효과도 기대할 수 있다.

개발한 시스템의 실용화를 위하여, 전력계통 현장에서의 시험 운용 및 지식베이스와 사용자 인터페이스 등의 보완을 추진하고 있다. 제안 기법을 송배전선 및 전기철도 급전선등의 전선에서 발생하는 착설 사고 대책에 적용함에 따라, 체계적이고 효과적인 대응책을 수립하여 전력설비의 장애를 방지하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### References

- [1] Y. Sakamoto, "Snow Accretion Mechanism on Transmission Lines and Estimation of Loads", Journal of Institute of Electrical Engineering in Japan, Vol.109, No.1, pp.21-28, 1989.
- [2] S. Kawanishi, Y. Sakamoto, Y. Shimada and K. Mizushima, "Current Required for Preventing Wet Snow Accretion on Transmission Lines(Part 2)", CRIEPI Research Report T89016, 1989.
- [3] G. Wakahama, D. Kuroiwa and K. Goto, "Snow Accretion on Electric Wires and Its Prevention", Journal of Glaciology, Vol.19, No.8, pp.479-487, 1977.
- [4] K. Sato, S. Atsumi, A. Shibata and K. Kanemura, "Power Transmission Line Maintenance Information System for Hokusei Line with Snow Accretion Monitoring Capability", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.7, No.2, pp.946-951, 1992.
- [5] S. Tachizaki, Y. Sakamoto, K. Mizushima and K. Shimada, "Development of Forecasting System of Snow Accretion on Wires of Overhead Transmission Line", CRIEPI Research Report T89001, 1989.
- [6] J. Durkin, "Expert systems: Design and Development", Macmillan, 1994.
- [7] S.N. Talikdar, E. Cardozo and T. Perry, "The Operators's Assistant - An Intelligent, Expandable Program for

## 지식공학에 의한 전설 착설 예측 및 대책 결정 기법

- Power System Trouble Analysis", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.PWRS-1, No.3, pp.182-187, 1986.
- [8] J. Hasegawa, K. Nishiya and S. Matsunami, "Expert System Assisting Power System Operators to Decide Deicing Countermeasure for Snow Accretion of Transmission Lines", Second Symposium on Expert Systems Application to Power Systems, Seattle USA, pp.359-365, July 1989.
  - [9] C.L. Forgy, "Artificial Intelligence Language OPS83", Personnal Media Co., 1986.
  - [10] D.E. Johannson, "Telemetry of Ice Loading on a Power Line Conductor", IEEE Winter Meeting Paper 31 TP 65-131, New York USA, January 1965.
  - [11] M.C. Perz, "Analytical Determination of High-Frequency Propagation on Ice-Covered Power Lines", IEEE Transaction on Power Apparatus on Systems, Vol.PAS-87, No.3, pp.695-703, 1968.
  - [12] Study Committee for Meteorological Condition for Snow Accretion on Line, "Meteorological Condition for Snow Accretion on Transmission Line in Hokkaido", December 1981.

## ◇저자소개◇

### 최규영(崔圭亨)

1959년 1월 31일생. 1981년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1989년 Muroran공대 전기공학과 석사. 1992년 Hokkaido대학 전기공학과 박사. 1981~1996년 한국전기연구소 선임연구원. 1996년~현재 한국철도기술연구원 수석연구원.