

피뢰설비 열화진단 전문가 시스템의 설계 방법론

김태진⁺, 류길수⁺⁺, 길경석⁺⁺⁺, 성창규⁺⁺⁺⁺, 김일권⁺⁺⁺⁺, 박종일⁺⁺⁺⁺, 원라경⁺⁺⁺⁺

Design Methodology of Expert System for aging diagnosis of Arrester

Tai-Jin Kim⁺, Keel-Soo Rhyu⁺⁺, Gyung-Suk Kil⁺⁺⁺, Chang-Gyu Seong⁺⁺⁺⁺, Il-Kwon Kim⁺⁺⁺⁺

Jong-Il Park⁺⁺⁺⁺, La-Kyoung Weon⁺⁺⁺⁺

Abstract : The arrester's condition is related directly to protected equipment's safety. The most important is, therefore, arrester aging diagnosis. In this study, arrester aging diagnosis expert system is implemented to use JESS shell-engine and the leakage current detection technique.

Key words : Expert System(전문가 시스템), Jess(제스), Arrester(피뢰설비), Aging diagnosis(열화 진단)

1. 서론

피뢰설비란 외부로부터의 직격뢰나 유도뢰에 의한 서지와 각종 전력계통의 연계 및 빈번한 차단기의 개폐 동작에 의한 과도과전압으로부터 기기의 절연을 보호하고 안정된 전압 공급을 위해 설치하는 보호 설비이다. 만약, 변전소나 지하철, 원전과 같이 전력 공급의 중단이 곧 물질적, 인적 피해를 야기할 수 있는 곳에 설치된 피뢰설비가 고장 나거나 오작동하게 된다면 심각한 피해가 발생할 것이다. 따라서 피뢰설비의 이상 유무는 보호하고자 하는 장비에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 열화에 대한 감시가 무엇보다도 중요하다. 하지만 일반인이 피뢰설비에서 검출한 데이터들로부터 열화 상태를 판단하기란 불가능하며 전문가라고 하더라도 이상 징후의 발생 시 정확한 진단 결과를 도출하기란 쉬운 일이 아니다. 따라서 최근에는 주요 설비의 유지, 관리를 위하여 전문가들의 풍부한 경험 및 지식을 데이터화 한 뒤, 이를 바탕으로 다양한 분석과 적절한 판단을 할 수 있는 전문가 시스템을 활용하고 있다. 본 연구에서는 피뢰설비의 열화 진단을 위하여 전문가 시스템을 이용하는 방법을 제시하며 JESS 셸 엔진(Shell engine)을 이용하여 시스템을 구현한다.

2. 피뢰설비의 누설 전류 측정 방법

최근 피뢰설비는 산화아연(ZnO)형 피뢰기 소자를 이용하는데, 산화아연(ZnO)형 피뢰기는 이전의 탄화규소(SiC) 소자를 사용한 피뢰기보다 전압 비직선성이 우수하고 서지 내량이 크고 펄스 응답성이 빠르기 때문이다. 하지만 영구적 소자는 아니기 때문에 열화에 의한 흡습, 과도한 서지 전압의 유입으로 인한 열 폭주가 발생한다. 따라서 피뢰설비의 열화 진단을 통해 교체 시기와 고장 유무를 파악할 수 있어야 한다.

피뢰설비의 열화를 진단하는 방법에는 누설 전류를 측정하는 방식이 주로 이용된다. 누설 전류를 측정하는 방법에는 저항분 전류 검출 기법, 자기 소호법, 동기정류 방식, 소호 방식, 제3고조파 방식 등이 있는데 본 연구에서는 저항분 누설 전류 검출 기법을 이용하여 누설 전류를 측정, 이를 전문가 시스템에 이용하였다. 또한 피뢰설비에 영향을 미칠 수 있는 표면 온도의 변화, 인가 전압의 변화, 서지 전압의 유입 횟수 등도 열화 진단에 이용함으로써 진단 결과에 대한 정확성을 높

였다.[1]

3. 시스템의 설계 및 구현

피뢰설비의 열화 진단을 위한 전문가 시스템의 전체 구성은 Fig. 1과 같다. 피뢰설비로부터 진단에 필요한 누설 전류, 표면 온도, 내부 온도, 서지 카운터(Surge counter) 등의 값을 진단 데이터로 받아 온다. 이 값들은 JESS 시스템에서 사실(Facts)으로써 사용되어진다. 그리고 영역 전문가로부터 피뢰설비의 열화에 대한 진단 지식을 추출한다. 전문가의 진단 지식은 규칙(Rules)으로 사용된다. 작업 메모리(Working memory)는 전문가와 피뢰설비로부터 획득한 사실과 규칙을 저장하고 규칙 엔진(Rule engine)에서는 작업메모리에 저장된 규칙과 사실을 적용하여 진단 결과를 도출한다.

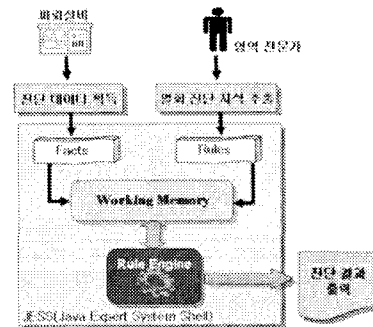


Fig. 1 Expert system for arrester aging diagnosis

3.1 진단 데이터 획득

영상변류기를 이용하여 피뢰설비의 전체 누설 전류를 측정하고 내부의 증폭회로와 필터회로를 이용하여 제 3조파 누설 전류 및 고조파 성분을 측정한다. 또한, 적외선 센서를 이용하여 피뢰설비 표면의 온도를 구하였다. 이렇게 획득한 데이터를 JESS에서 사용하기 위해서 Fig. 2와 같이 정의한다. 이 부분은 프로그램 언어에서 데이터를 저장하는 변수라고 생각하면 이해하기 쉽다.[2]

3.2 열화 진단 지식 추출 및 지식 표현

피뢰설비 전문가로부터 열화 진단에 대한 지식을 추출한 후

⁺ 김태진(한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과), E-mail:anfiel@naver.com, Tel: 051)410-4898

⁺⁺ 류길수, 한국해양대학교 IT공학부 교수

⁺⁺⁺ 길경석, 한국해양대학교 전기전자공학부 교수

⁺⁺⁺⁺ 한국해양대학교 대학원

Fig. 3과 같이 정리하였다.

```
(deftemplate datas "diagnosis parameters from Arrester"
  (slot V) (slot Itr) (slot Itp)
  (slot Irp) (slot Ia) (slot Is)
  (slot I3) (slot scount))

(deftemplate temp "Ta and Tp"
  (slot Ta) (slot Tp))

(deftemplate voltage "Vx and V"
  (slot V) (slot Vx))

(deftemplate surge-count "Surge Count"
  (slot scount))

(deftemplate state "bad-state"
  (slot lx) (slot Vx) (slot Tx))
```

Fig. 2 Converting example of measuring data to fact data

Fig. 3으로부터 ‘대기 온도와 표면 온도의 차가 3도 이상이면 열화이다.’, ‘인가 전압이 2%이상 증가하였고 서지 카운터가 증가하면 열화이다.’와 같은 진단 결과를 이끌어 낼 수가 있다. 이와 같은 전문가의 지식을 바탕으로 누설 전류 값이 증가하였을 때의 열화 진단 알고리즘을 작성한다.

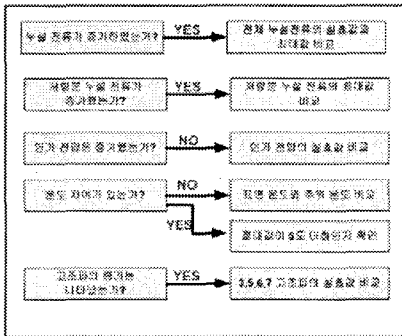


Fig. 3 Example of aging diagnosis knowledge

이렇게 작성한 진단 지식과 알고리즘은 JESS가 인식할 수 있는 언어를 이용하여 표현되어야 하는데, Fig. 4가 JESS의 규칙(Defrule)을 사용하여 진단 지식을 규칙화한 예이다. Rule-03의 경우, 표면 온도(Is)와 주위온도(Ia)의 온도차가

```
(defrule rule-01 "Diagnosis Rule 01"
  (temp (Ta ?ta) (Ts ?ts) (Tx ?tx) (= ?tx (- ?ta ?ts)))
  (voltage (V ?v) (Vx ?vx) (= ?vx ?v)) (surge-count (scount 0))
  => (printout t "결과" crlf))

(defrule rule-02 "Diagnosis Rule 02"
  (temp (Ta ?ta) (Ts ?ts) (Tx ?tx) (< ?tx (- ?ta ?ts)))
  (voltage (V ?v) (Vx ?vx) (= ?vx ?v)) (surge-count (scount 1))
  => (printout t "결과" crlf))

(defrule rule-03 "Diagnosis Rule 03"
  (temp (Ta ?ta) (Ts ?ts) (Tx ?tx) (= ?tx (- ?ta ?ts)))
  (voltage (V ?v) (Vx ?vx) (> ?vx (* 1.02 ?v))) (surge-count (scount 0))
  => (printout t "결과" crlf))

(defrule rule-04 "Diagnosis Rule 04"
  (temp (Ta ?ta) (Ts ?ts)
  (Tx ?tx (test (> ?tx (- ?ta ?ts)) or (< ?tx (- ?ta - ?ts))))
  (voltage (V ?v) (Vx ?vx) (= ?vx ?v)) (surge-count (scount 0))
  => (printout t "결과" crlf))
```

Fig. 4 Converting example of diagnosis knowledge to rule

3℃ 이하이고 인가전압이 증가하였는데 서지 카운터가 0이면 다음 데이터가 전송될 때까지 판단을 보류하라는 룰이다.

3.3 진단 결과 출력

피뢰설비의 열화 진단을 위해 미리 작성한 사실과 규칙을 JESS와 연동시킨 Protege 2.1에서 실행시켜 보았다. Fig. 5는 열화가 발생하는 조건을 가상으로 입력하고 JESS의 룰 엔진을 실행시켜 본 결과 규칙이 제대로 적용되고 진단 결과를 출력하는 것을 보여준다.

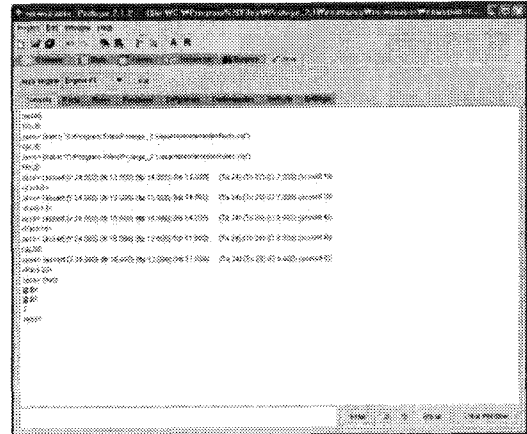


Fig. 5 Result of arrester diagnosis

4. 결 론

본 연구에서는 피뢰설비의 열화 진단을 위해서 전문가 시스템을 이용한 방법을 제시하였다. 누설 전류 값과 피뢰설비의 표면 온도, 서지 카운터를 이용하여 열화를 진단하였고 JESS 추론 시스템을 사용하여 전문가 시스템을 구현하였다. 현재 시스템은 실 시스템 구현에 앞서 JESS와 Protege를 사용하여 구현한 시범 모형(prototype)이다. 향후 진단 지식을 좀 더 세분화 및 다양화하여 체계화를 갖추고 GUI 부분을 추가하여 실용적인 시스템으로 발전시켜야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 한주섭 외 5명, “GIS용 피뢰설비의 전문가 시스템 설계에 관한 연구”, 한국전기전자재료학회 학술대회논문집, 제 18권, pp. 319-320, 2005.
- [2] 한재준 외 3명, “BPEL 실행을 위한 사건 기반 규칙 관리 시스템의 구조 설계”, 한국경영과학회 학술대회논문집 11권, 1호, pp. 157-163, 2005.
- [1] Spengler, A., Stanton, M. and Rowlands, H., "Expert Systems and Quality Tools for Quality improvement", IEEE, pp. 955-962, 1999.
- [4] 김성인 외 3명, “그림에 의한 심리진단 전문가 시스템의 지식 체계”, 한국지능정보시스템학회 논문지, 제11권, 제 1호, pp. 66-93, 2005.