

변전소의 사고복구 전문가 시스템의 연구

이 홍재*, 임 찬호*, 양 수현*, 박 영문**
 (* 광운대 전기 공학과 ** 서울대 전기 공학과)

A Study on the Restoration Expert System at Substations

Heung-Jae Lee*, Chan-Ho Lim*, Su-Hyun Yang*, Young-Moon Park**
 (* Kwang Woon University ** Seoul National University)

ABSTRACT

In this paper, an expert system is proposed to deal with restoration problem in a unmanned substation to improve the reliability of power supply and the efficiency of power system management.

The proposed expert system searches a switching sequence to restorate the blackout region using heuristic rules and displays the operation sequence.

The expert system uses the X-window on UNIX for the graphics of the expert system. The proposed expert system show a promising result to a future application.

I. 서 론

오늘날 전력수요의 증가로 전력공급을 위한 전력시스템은 점차 대형화되고 있으며 154kV급 배전 변전소의 경우 무인화 작업이 현재 진행중에 있고 이의 운용도 분산적 계층구조로 행하여지고 있다. 그러나 급전소 운용시스템의 부담을 경감하기 위하여 변전소의 지능적 자동화는 급명간 해결해야 할 당면과제로 대두되고 있으며 선진각국에서도 이에 대한 연구가 집중적으로 수행되고 있다.

본 논문에서는 이에 대한 기초연구로서 운용자의 경험적 지식을 이용한 단위 변전소의 사고복구 모의시스템을 제시하고자 한다.

일반적으로 전력계통 사고의 가능성은 상존하고 있으며 사고시 정전구역을 최소로 줄이기 위하여 긴급한 복구조치가 요구된다.

현재까지의 사고복구 문제는 숙련된 전문가의 경험적 지식에 의존하여 행하였으나, 운영자의 경험과 지식이 부족하며, 전력계통의 전반적 분야와 밀접하게 관련되는 복잡함과 어려움으로 신속한 사고복구를 저해하고 있다.

현재까지 제시된 전문가 시스템은 주로 고장진단에 집중되어 있으며 고장복구 전문가 시스템은 별반 제시된 바 없다. 본 논문에서는 전문가의 경험적 지식을 바탕으로 신속한 사고복구를 수행하는 전문가 시스템을 개발하였다. 또한 제시된 전문가 시스템은 차단기와 단로기의 개·폐 순서와 복구 과정을 확인할 수 있는 그래픽 인터페이스(G.U.I : Graphic User Interface)를 장착하였다. ① ②

본 논문에서 제시하는 전문가 시스템은 UNIX상의 C로 구현하였으며 G.U.I는 X-Window를 사용하였다.

II. 고장 복구 문제의 표현

II-1 변전소 소내 사고복구 문제

변전기기에 사고가 발생하면, 계전기와 차단기의 동작으로 고장요소가 계통에서 분리된다. 이때 사고와 관계없이 정전구역이 발생할 수 있으며, 이러한 경우에는 안정적인 전력공급을 위하여 사고와 관계없이 정전된 구역에 대하여 복구조치를 취하여야 한다.

복구단계는 사고구역의 계통으로부터 분리단계, 정전 변압기로 전력을 공급받던 배전선의 분리 단계, 복구계획의 수립단계로 요약할 수 있으며, 복구문제는 이러한 복구를 수행하기 위하여 적절한 차단기와 단로기의 스위칭 순서를 결정하는 문제이다.

이들 문제분할 기법을 이용하여 표현하면 그림 1과 같다.

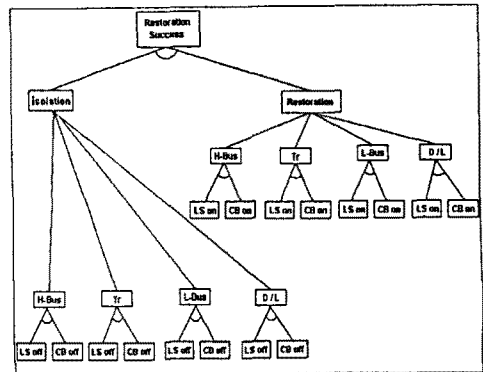


그림 1. 문제의 표현

II-2 변전소 소내의 변전기 표현

본 논문에서는 사고복구의 효율향상을 위하여 차단기와 단로기의 ON/OFF 상태에 따라 다음과 같이 변전기를 표현했다.

```

t(name, status, available)
hbus(name, status, tl_name_list, tr_name_list)
tr(name, status, lbus_name_list)
lbus(name, status, dl_name_list)
dl(name, status)
    
```

여기서 name은 각 변전기의 이름이고, status는 변전기가 가압되어 있는지를 나타낸다. 'live'는 가압상태를 표시하며, 'dead'는 무압상태를 나타낸다. 송전선에서 available은 가압되어 있는 송전선이 차단기로 차단되어 있어 복구조작시에 연결하여 사용할 수 있는지를 표시하는데, 'a'는 가압되어 있는 송전선이 차단되어 있어 복구조작시 이용가능함을 표시하며, 'ua'는 이용 불가능 상태를 표시한다. tl_name_list는 상위모선에 연결되어 있는 송전선의 번호집합이고, tr_name_list는 상위모선으로 전력을 공급받는 변압기의 번호집합이다. lbus_name_list는 변압기에 연결되어 있는 하위모선의 번호집합이고, dl_name_list는 하위모선에 연결된 배전선의 번호집합이다.

또한 본 논문에서는 각 변전기의 아날로그 데이터를 이용하여 추론시에 다음과 같은 변전기의 복구용량, 정전구역 등의 데이터를 생성한다.

```
tr_cap(capacity)
hbus_cap(capacity)
req_dl_cap(capacity)
b_hbus(name)
b_tr(name)
b_lbus(name)
```

III. 추론

사고복구는 정전사고의 원인이 되는 변전소내 변전기기를 계통에서 분리시키고, 차단기와 단로기의 개·폐를 통하여 모선을 절환하거나 배전피더를 타 변압기뱅크로 절환함으로써 복구과정을 수행하는 것이다.

이상의 전체적인 추론과정의 흐름도는 다음 그림 2와 같으며 흐름도의 각 부분을 부 목표로 지정함으로써 각각의 세부 추론과정과 전체적인 추론과정을 후방향 추론방식으로 행했다.

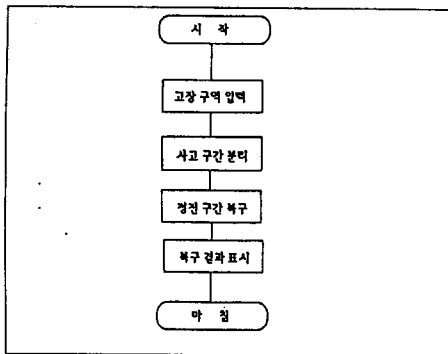


그림 2. 고장 복구의 흐름도

IV. 지식베이스

사고복구 조치는 다음과 같이 이루어 진다.

단계 1 : 사고지역을 계통으로부터 완전히 분리하는 단계
사고지역과 연결된 단로기를 차단하고, 부동작한 차단기를 수동차단하여 사고지역을 계통으로부터 완전히 분리한다.

단계 2 : 복구조작을 위한 사전조작 단계

복구조치를 취하기 위하여 정전 주변압기를 탐색하고, 정

전 주변압기로 공급중인 전 배전선에 연결된 차단기를 수동 차단한다.

단계 3 : 복구계획 단계

사고와 관계없이 발생한 정전구역은 상위모선, 주변압기, 하위모선, 배전선 순으로 복구계획을 세운다.

상술한 내용을 수행하기 위해 본 전문가시스템에 저장된 규칙을 실행을 일부 예시하면 다음과 같다.

규칙 : 부스타이를 투입하여 정전 모선을 가압한다.

(정전모선과 건전모선이 부스타이로 차단되어 있을 때)

규칙 : 건전 상위모선에 연결된 단로기를 투입하여 주변압기를 건전모선으로 절환한다.

규칙 : 용량이 큰 주변압기 뱅크를 탐색하고 하위모선의 부스타이 차단기를 수동 투입하여 하위모선을 복구한다.

규칙 : 공급가능 배전선부터 차례로 차단기를 투입하여 배전선을 복구한다. (배전선의 우선순위도 고려)

규칙 : 배전선의 정전구역이 완전히 해소되지 않으면 하위모선의 loop 형성 없이 공급할 수 있는 타 주변압기의 뱅크를 탐색하여 절환시킨다.

규칙 : 배전선을 타 변압기 뱅크로 절환할 때 변압기 용량의 90%까지만 복구한다.

규칙 : 사고 하위모선에 연결하여 운전중이던 모든 배전선을 탐색된 새로운 하위모선으로 절환하여 재투입한다.

V. G.U.I

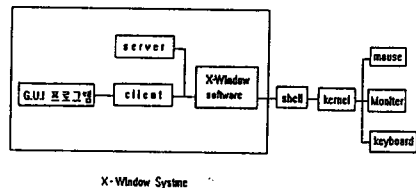


그림 3. X-window 프로그램 구조

본 논문에서의 G.U.I 프로그램은 위의 그림 3에서와 같이 X-window software의 라이브러리를 이용했다. 특히 X Toolkit의 상위개념인 Motif Widget Set을 사용하여 FormWidget이 DrawingAreaWidget, RowColumnWidget, PushButtonWidget을 포함하고 있는 구조를 이루고 있게 하였다. 특히 필요로하는 font와 그래픽의 속성들을 server에 요구하여 실질적인 그래픽 처리를 했으며, 그리고 G.U.I 프로그램은 Harddevice를 직접 다루는 kernel의 인터프리터인 shell을 통하여 여러 입.출력 기기를 다루도록 하였다. 입, 출력 장치인 mouse를 통하여 임의의 Menu button이 눌러지면 이 event를 받아 사고복구 과정을 나타내거나 사고복구 과정설명을 위한 새로운 window를 생성하고 그 window에 text를 출력하도록 하였다.

VI. 사례 연구

대상 시스템의 #1 변압기의 사고시 복구조치를 취하기 전과 취한 후의 그래픽 출력과 텍스트 윈도우의 출력은 다음과 같다.

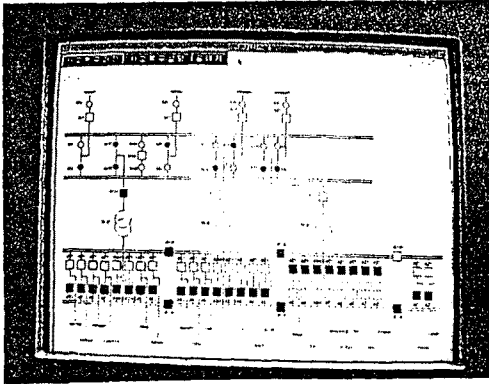


사진 1. 복구전 출력

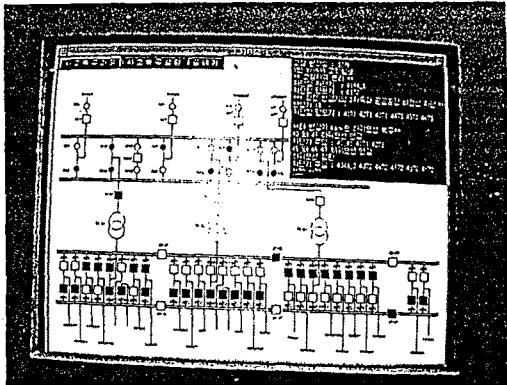


사진 2. 복구후 출력

< 전문가 시스템의 텍스트 윈도우 출력 >

고장 변전소 :상계 변전소
1번 트에서 고장발생

*** 고장지역 분리 ***

차단할 차단기 : 4144_1

차단할 단로기 : 6132

*** 정전 변압기의 2차측과 공급중인 배전선 차단 ***

변압기 : 1

차단할 차단기 : 4171 4271 4371 4471 4571 4671

*** 타 변압기 bank로 하위모선 복구 ***

40 와 41 하위모선 연결

차단기 투입 : 40_41 4171 4271

45 와 46 47 하위모선 연결

하위모선 절환

차단기 투입 : 4344_2 4d72 4e72 4f72 4g72 4h72 4i72 4j72

차단기 차단 : 4344_1 4d71 4e71 4f71 4g71 4h71 4i71 4j71

배전선 복구

차단기 투입 : 45_46 46_47 4372 4472 4572

복구불능한 배전선 : hannae

VII. 결론

변전소 소내 고장복구는 현재까지 숙련된 전문가의 경험적 지식에 의하여 행해지고 있다. 그러나 현재 국내에서는 154kV급 배전 변전소들의 무인화가 진행되고 있으며 이의 운용도 계층구조로 행하여지고 있다.

본 논문에서는 점차 무인화 되고 있는 154kV급 배전 변전소에 대한 사고복구 전문가 시스템을 개발하였다. 본 논문에서 제시한 전문가 시스템은 텍스트 윈도우에 복구과정을 출력하도록 하였으며, 스위칭의 순서를 그래픽 윈도우에 출력하도록 하였다.

본 논문에서 제시한 변전소내 사고 복구 전문가 시스템은 상계 변전소에 모의 적용 실험한 결과 수행시간이 수 초이내로서 실제봉에 충분히 적용가능함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] R. Davis, D. B. Lenat, "Knowledge - Based System in Artificial Intelligence", McGraw - Hill, 1982
- [2] F. Hayes-Roth, D. A. Waterman, D. B. Lent, "Building Expert System", Addison - Wesley, 1983.
- [3] B. G. Buchanan, E. H. Shortliffe, "Rule-Based Expert System ", Addison-Wesley, 1984.
- [4] D. D. Wolfgram, T. J. dear, C. S. Galbraith, "Expert System for the Technical Professional", JOHN WILEY & SONS, 1987.
- [5] Dougals Young, "The X WINDOW SYSTEM Programming and Applications with Xt OSF / Motif Edition", Prentice-Hall, 1990.
- [6] Marshall Brain, "MOTIF PROGRAMMING, The Essentials and More", Digital Press, 1992.
- [7] Y. M. Park, H. J. Lee, "전력계통의 고장진단 전문가 시스템에 관한 연구", 대한 전기 학회지, PP.1021-1028, 1990.
- [8] Y. M. Park, H. J. Lee, C. H. Lim, "조작원 훈련을 위한 전력계통의 사고모의 및 고장진단 전문가 시스템의 연구", 대한 전기 학회지, PP. 564-568, 1994.