

(1)

# 配電系統의 停電減少를 위한 專門家 시스템 適用方案

韓國電力公社 內資處 鄭 來 昊  
電力經濟研究室(工博) 姜 遠 求  
配電研究室(工博) 崔 炳 允

## 1. 서 론

최근 전력계통분야에 기존 프로그램 방식으로 처리가 곤란한 추론적 사고와 비수치적인 문제 해결을 할 수 있는 인공지능 기법을 도입하기 위한 시도가 활발히 이루어지고 있다. 인공지능 기법을 응용한 시스템은 여러가지 형태를 생각할 수 있는데, 그 하나로서 어떤 특정분야에서의 전문가가 가지고 있는 지식을 컴퓨터로 옮겨, 그 사람과 똑같은 능력을 발휘시키는 것을 목표로 하는 응용 시스템이 있다. 이것을 전문가 시스템(Expert System)이라 하고 인공지능의 지식공학 분야에서는 여러 각도에서 연구, 개발이 진전되고 있다.

일반적으로 한국전력에서는 계통사고나 정전 작업시에 광범위한 정전구역이 발생되면 사고구간이나 작업구간을 제외한 전전구간을 주위의 타 피더(Feeder)로 부하를 절체하여 정전구역을 최소화하도록 운영하고 있는데, 이러한 문제는 계통의 구성상태와 전압강하 등을 포함한 여러 제약조건이 수반된다.

그러나 운전원이 정전지역을 축소하고 계통운

영을 효율적으로 처리하기에는 배전계통의 구성이 복잡하며 수치적인 방법으로 처리하기에는 부적합한 논리적인 해석이 요구된다. 전문가 시스템은 배전 계통의 일반 지식과 인간의 경험지식을 규칙 베이스로 구성함으로써 이러한 논리적인 문제를 빠른 시간내에 해결할 수 있는 우수한 시스템으로 알려져 왔다.

배전계통에서는 선로에 악천후나 설비의 고장 등으로 인하여 사고가 발생하면 전원측 보호기기가 동작한다. 따라서 보호기기의 부하측 선로는 정전이 되므로 정전구역의 최소화를 위하여 사고구간을 찾고 그 구간이 확인되면 복구작업 시간동안 사고구간을 제외한 전전선로를 인근 타 피더로 절체하여야 한다. 이러한 부하 절체는 계통의 구성 상태를 분석하여 절체방안을 면밀히 검토하여야 하며, 각 절체방안은 변압기 용량, 선로의 허용전류, 전압강하 등 조건을 만족하여야 한다.

이 방면에 대한 연구는 1988년에 S. J. Cheng 이 전압 및 무효전력제어에 관한 전문가 시스템을 제안하였으며, 1988년에 R. D. Christie에 의하여 송전계통에서 안전도 평가에 관련된 전문

가 시스템이 제안되었으나 배전계통에 관련된 연구는 미비한 실정이다.

본 방안에서는 정전구역을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 선로보수원의 안전사고 방지에도 기여할 수 있는 전문가 시스템에 관하여 기술하였으며 부수적으로 전문가 시스템에 대하여도 설명하였다.

## 2. 배전계통 운용 시스템

배전분야의 전문가 시스템 적용분야 가운데 본 방안에서는 계통운전계획, 계통사고 복구, 정전작업계획을 중심으로 하는 계통운용에 관하여 고찰하고, 수용가 정전지역을 축소하기 위하여 전문가 시스템과 연계하여 구성하고자 한다. 배전계통운용시 전문가 시스템의 신뢰도를 향상시키기 위해서는 배전자동화 원방감시 및 제어 시스템과 연계하여 구성하는 것이 합리적이다.

배전계통은 송변전계통과는 달리 선로의 변경이 잦고 복잡하여 전문가 시스템을 구성하는 데 많은 어려움이 있다. 따라서 시스템 구성에 유연성을 고려함으로써 데이터가 수시로 변동되어도 시스템이 이에 적용되도록 구성하여야 한다.

### 2.1 현재의 운용 시스템

지금까지 한전에서 배전계통의 운용은 주로 선로운전원(한전의 호칭 : 보선사령)이 계통도를 보며 필요한 수치적인 계산하에 경험적 판단으로 이루어져 왔다. 그러나 이 시스템은 선로사고인 경우 보선사령의 인간적 사고에 의해 운용됨으로써 순간적인 오판에 의해 정전구역이 최소로 되지 않는다면 선로보수원의 안전사고를 유발시킬 수 있는 등 문제점을 항상 내포하고 있었다. 따라서 기존 보선사령의 역할과 임무 및 운용 시스템에 대해 간단히 언급하고자 한다.

보선사령은 관할 구역내의 배전선로의 효율적인 운전, 선로사고 복구, 휴전 및 활선작업과 부점사고 등을 원활하고 안전, 신속하게 함으로써 양질의 전력이 공급되도록 하며 보선사령의 임무는 배전선로의 사고처리, 휴전 및 활선작업에 대한 작업지령과 고장접수실을 운영, 감독하며 다음의 업무를 주관 처리한다.

○계통도 관리 (보선사령실 비치용)

○정전통계 관련자료 관리 (선로사고, 휴전작업, 부점사고, 전원측 사고 등)

○배전설비 사고의 전별 원인분석 및 대책 건의 (필요시 현장확인)

○통합 고장접수실과 긴밀한 연락으로 사고복구 및 수용가 안내

○배전선로의 개폐기 조작지시

배전계통 사고의 종류는 전원측사고, 배전 선로사고 및 부점사고 등 3가지가 있고, 보선사령은 관할 배전사령으로부터 전원측사고를 통보 받은 때에는 지체없이 상사에게 보고한 후 정전구역 축소를 위하여 선로계통 변경(개폐기조작) 등의 적절한 조치를 취해야 한다.

또한 사고발생시 선로보수원은 다음에 따라 그 상황을 조사하여 즉시 보선사령에게 보고하고 지휘를 받아 복구작업에 착수한다.

○사고장소가 명확할 때에는 보선사령의 지시에 따라 현장 안전조치를 취한 후 즉시 복구작업에 착수하여야 한다.

○사고장소가 불명확할 때에는 보선사령의 지시에 따라 개폐기를 구분 조작하여 사고장소를 색출한 후 복구공사에 임한다.

○담당 순시원만으로는 시간이 지연될 우려가 있을 경우 보선사령은 순시원을 증원하여 복구시간 단축을 기한다.

○부점사고는 보선사령 및 수리반 책임자의 지시에 따라 신속히 복구하여야 한다.



이상이 기존의 운용 시스템에서 선로사고시 처리 절차이며, 이 가운데 부하절체가 수반되는 상황은 다음과 같다.

○계통 사고시 보호기기가 자동 차단되고 사고구간이 확인되면 고장수리 동안 사고구간을 제외한 구간을 인근 타 피더로 부하절체

○정전작업이나 사고예방을 위한 보수작업시 작업구간을 제외한 구간을 인근 타 피더로 부하절체

○각 변압기 용량이나 피더 용량이 부적절하게 배분되어 부하 절분점을 재구성 (Reconfiguration) 하기 위한 부하절체

이러한 부하절체는 수리적인 문제보다는 계통의 구성을 판단하여 부하절체 방안을 제시하는 논리적인 사고가 더욱 요구되며 또한 운전원이 쉽고 편리하게 사용할 수 있는 소프트웨어가 필요하다. 따라서 전문가 시스템은 이러한 문제를 해결하는 데 상당히 유리한 특성을 지니고 있다.

## 2.2 전문가 시스템의 구성

전문가 시스템 (Expert System)은 두가지 이유에서 볼 때 실용성 있는 연구분야로 대두되고 있는데, 그 첫째로 전문가 시스템은 실무에서의 필요성을 충족시킬 수 있는 유용하고 실용적인 프로그램이며, 둘째 전문가 시스템 구축이 가능하다는 것이다. 이러한 이유로 인해 전문가 시스템은 인공지능(Artificial Intelligence: AI)중 상업적으로 가장 성공한 프로그램이다.

전문가 시스템은 인간 전문가(Human Expert)의 사고과정 및 행위를 모방하여 전문가와 동일한 수준의 능력을 발휘할 수 있도록 개발된 프로그램으로, 이용자가 제공하는 정보를 이용하여 결론에 도달하게 된다. 전문가 시스템은 이용자가 응답한 정보와 일치하는 대상(Object)을 확인할 때까지 이용자에게 계속 질문을 하면

서 만족하는 대상인 목표를 발견한다. 전문가 시스템으로부터 조언을 받고자 하는 이용자와 전문가 사이의 다음과 같은 대화를 살펴보면 전문가 시스템을 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 즉, 이 대화는 인간 전문가와 이용자가 대화하는 것과 아주 유사하다.

전문가 이것은 녹색인가?

이용자 아니요

전문가 빨간색인가?

이용자 예

전문가 나무에서 성장하는가?

이용자 아니요

전문가 덩굴에서 성장하는가?

이용자 예

전문가 덩굴에 가시가 있는가?

이용자 예

전문가 이것은 덩굴딸기이다

파일을 식별하기 위한 전문가 시스템의 목표는 위 대화를 반복하여 파일을 식별하는데 필요로 하는 전문지식을 토대로 이용자에게 조언을 하는 것이다.

전문가 시스템의 장점은 근본적으로 이용가능성과 유용성을 들 수 있다. 잠자고 먹고 휴식을 취하는 등 인간 전문가(Human Expert)와는 달리 전문가 시스템은 일년중 하루도 쉬지 않고 하루 24시간 내내 이용 가능하다.

인간 전문가에 비해 전문가 시스템의 또 하나의 장점은 항상 최고의 성능을 발휘한다는 것이다. 인간 전문가가 피로할 때, 전문가의 조언에 대한 신뢰성은 떨어지게 마련이다. 그러나 전문가 시스템은 소유하고 있는 지식의 한계내에서 최고의 성능을 발휘한다. 즉 인간 전문가는 감정요인 때문에 상황 변화에 따라 각기 다른 의사결정을 할 수 있으나 전문가 시스템은 어느 상황에서든지 일관성 있는 의사결정을 할 수 있다.



전문가 시스템의 다른 장점은 개성이 없다는 것이다. 이미 알고 있듯이 모든 사람의 개성은 양립할 수 없다. 만일 전문가를 신뢰하지 못하면 전문가의 지식을 이용하기를 꺼릴 것이다. 또한 이용자를 싫어하는 인간 전문가는 신뢰할만한 정보를 제공할 수 없다. 그러나 전문가 시스템은 개성이 없기 때문에 이와 같은 이용자와의 관계에서 발생하는 문제를 제거할 수 있다.

전문가 시스템의 마지막 장점은 전문가 시스템을 구축한 후에 한 기계에서 다른 기계로 프로그램을 간단히 복사함으로써 또 다른 새로운 전문가를 얻을 수 있다는 것이다. 인간이 특정 분야에 대해 전문가가 되기까지는 오랜 시일이 소요되므로, 새로운 인간 전문가를 얻는 것은 대단히 어렵다. 즉, 지식의 전달과 재생산 측면에서 인간이 전문가가 되기 위해서는 시간, 노력, 비용 등이 많이 소요되는 교육과 실무에서의 경험을 통해서만, 가능하지만 전문가 시스템은 자료 화일 처리과정으로도 쉽게 탄생할 수 있다.

모든 전문가 시스템은 지식베이스(Knowledge Base)와 추론 엔진(Inference Engine) 두 부분으로 구성되는데, 여기서는 지식베이스와 추론 엔진에 대해 간단하게 언급하고자 한다.

지식 베이스는 어떤 분야에 관한 정보와 규칙으로 구성된 데이터 베이스(Data Base)이다. 즉 인간 전문가로부터 취득된 사실과 문제해결 규칙이 적합한 지식표현 기법에 의해 저장된 지식의 집합이다.

추론 엔진(Inference Engine)은 이용자가 제시하는 정보와 일치하는 대상을 발견하기 위해 이용자가 제공하는 정보를 이용하여 결론에 도달하기 위한 전문가 시스템의 구성요소중 하나이다. 추론 엔진은 정보의 특성에 따라 두가지 형태로 분류할 수 있는데, 이는 확률적 추론(Probabilistic Inference)과 확정적 추론(De-

terministic Inference)이다.

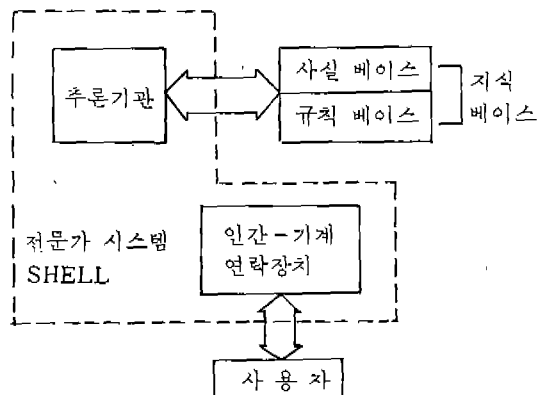
대부분의 규칙은 확정적이라기보다는 확률적 요인을 포함하고 있다. 그러나 이들 규칙의 대부분은 확정적 상황으로 다룰 수 없기 때문에 불확실성이 통계적으로 중요하지는 않다.

또한 전문가 시스템의 프로그래밍 언어는 논리적인 문제를 수행하기에 편리한 언어를 사용하는 것이 상당히 중요한 문제이고 다음과 같은 두가지가 있다.

인공지능 시스템을 구축하기 위한 프로그래밍 언어로 처음 개발된 것은 LISP이다. LISP는 1958년에 매사추세츠 공과대학(MIT)의 매카시에 의하여 개발된 리스트 처리용 언어이다. LISP는 수치뿐만 아니라 기호를 처리하고 LISP 프로그램 자체를 데이터로서 처리할 수 있다는 것이 큰 특징이다.

### 2.3 최적 배전계통 운용 시스템 구성

배전계통 전문가 시스템은 온라인 현장 데이터와 설비 데이터, 지식 베이스를 기초로 추론하는 특징이 있으며 그 전체 구성은 그림 2.1과 같다.



〈그림 2.1〉 전문가 시스템 기본 구성도



그러나 LISP의 결점으로는 처리속도가 느리고, 방대한 양의 기억 용량을 필요로 한다는 것이고 이를 극복하기 위하여 LISP 언어를 직접 하드웨어에서 실행하고 대용량의 기억장치를 가진 기계(LISP Machine)가 개발되고 있었다. 또 다른 결점으로는 LISP 언어의 사양이 통일되지 않고 있다는 점이며, 이점 또한 Common LISP라는 언어 사양에 의해 통일을 꾀하는 움직임이 있다.

그리고 또 하나는 최근 제 5세대 컴퓨터와 더불어 작광을 받고 있는 언어로서 Prolog가 있다. Prolog는 1973년 프랑스 마르세유(Marseille) 대학의 연구팀에 의하여 자연 언어연구를 목적으로 개발된 논리형 프로그래밍 언어이다. Prolog의 특징으로서는 언어의 실행과정이 정리의 증명 과정과 동일하다는 점이다.

최근에는 일본의 제 5세대 컴퓨터 프로젝트를 비롯하여 많은 인공지능 프로그램들이 Prolog로 쓰이고 있다.

본 방안에서는 각 변전소의 피더 전류와 전압은 온라인 데이터로 보선 사령실에 전송되어 컴퓨터에 연결되며 사고복구시 사고구간은 이미 확인되었다고 가정한다.

○오프라인 데이터 베이스

현장의 변전소, 개폐기, 선로, 보호기기 등의 설비 데이터이며 각 설비의 구성요소를 포함하고 있다. 데이터 입·출력 방식이 Frame 형태로 구성되어 있어 사용자가 편리하게 설비의 변동사항을 수정할 수 있다.

○온라인 데이터 베이스

원방현장감시 및 제어기기에 의하여 각종 현장의 부하 및 전압 등의 온라인 데이터를 받아 저장한다.

○지식 베이스

배전계통 운용분야에 사용되는 정전작업 계획

이나 사고복구 그리고 계통운전계획 등의 전문적인 지식 베이스로 배전분야에 사용되는 기본적인 학술지식 베이스와 숙련된 운전원이 가지고 있는 고유의 경험 지식 베이스로 구성된다. 이 지식은 사실과 규칙의 두가지로 구성된다.

○추론 엔진

입력 데이터와 데이터 베이스 그리고 지식 베이스를 이용하여 합리적인 해를 구하기 위한 추론을 수행한다.

○컬러 그래픽 화면 프로그램

배전계통 최적운용 전문가 시스템은 현재 운전되고 있는 배전계통의 온라인, 실시간으로 취득된 자료를 이용하여 배전계통을 최적으로 운용할 수 있는 운전지침 또는 방안을 제시하거나 현재의 계통상태를 기반으로 계통의 변화를 예측 또는 모의하여 변경된 배전계통의 상황에서 배전계통의 최적 운용방안을 검토 및 해석할 수 있도록 지원하는 화면 프로그램이다.

○패키지 프로그램 (부하예측)

계통사고 복구나 정전작업시 또는 계통운전 계획시에 부하절체를 수행하며 부하절체 수행시에는 앞으로의 시간에 대한 부하를 예측하게 된다.

사고 복구시에는 일간 최대부하, 정전작업시에는 작업시간동안의 최대부하를 예측하여 부하절체를 하여야 하며 계통운전 계획시에는 현상태의 부하로 모의하여 계통의 안전성 여부를 검토하게 된다.

본 방안에 따른 전문가 시스템은 현재 운전되고 있는 배전계통의 온-라인, 실시간 취득자료 또는 모의된 계통자료를 기반으로 하는데 있으며 또한 계통의 운전계획에도 사용될 수 있고 사고복구나 정전작업 계획시에 필수적으로 수행되는 부하 절체방안을 제시할 수 있도록 구성되어 있다.

(다음호에 계속)