

전력 계통 계획, 운용을 위한 통합 시스템에서 데이터베이스 활용 및 구축 방안에 관한 연구

류 은숙*, 이 규철*, 김 건중*, 함 완균°, 권 태원°
* 충남대학교, ° 한전 기술 연구원

A Study on the Application and Construction Scheme of Database for the Power System Planning and Operation of Integrate System

EunSuk Ryu*, Kyuchul Lee*, Kernjung Kim*, Wankyun Ham°, Taewon Kwon°
* Chungnam National Univ., ° KEPCO Research Center

Abstract

This paper describes the need of the Database which is designed, built with data for a highly integrated system for power system planning and operation. The study also, deals plans for and designs of thr highly integrated systems in order to optimize coordination of security and economy of power system planning and operations, as well as to improve the efficiency of data handling

1. 서론

안전하면서도 경제적인 전력을 공급하기 위해서는 현 전력 계통의 계획과 운용 및 관리가 중요하다고 할 수 있다. 연간 계통 운용에 필요한 업무로는 수요 예측과 발전 계획, 보수 계획, 연료 수급 계획 및 계통 해석등이 있는데 이러한 업무를 효율적으로 처리하고 고도의 경제성과 안정성을 최적화하기 위해서는 주변 업무와 관련 시스템과의 협조 기능이 결여되어 발생하는 문제를 감소시키고 계획과 운용 업무를 일체화 시켜야 하며, 이를 위해 통합 시스템의 구축이 필수적이다.[1] 그러나 전력 계통 계획, 운용을 위한 통합 시스템에서는 데이터의 양이 많고 그 복잡도가 증가하기 때문에 데이터의 중복성을 줄이고 무결성을 유지하면서 효율적으로 데이터를 공유하기 위해 데이터베이스 시스템을 구축하는 것이 절대적으로 필요하다. 이러한 통합 시스템의 데이터베이스를 설계하는 것은 많은 어려움과 복잡한 문제를 안고 있음에도 불구하고 전력 공급의 선진화를 위해서는 그 연구 개발이 시급하다.

본 논문에서는 이러한 통합 시스템을 구축하는데 있어서 데이터베이스의 필요성을 도출하고 각 응용 시스템이 요구하는 대량의 데이터를 효율적으로 처리하기 위해 데이터베이스를 구축하는 방안을 제시한다.

2. 데이터베이스 시스템의 필요성

2.1 데이터베이스의 장점

데이터베이스는 다양한 응용 시스템에 의해 공유되는 데이터의 집단이다. 데이터베이스 관리 시스템의 주요 목적은 이러한 데이터베이스 내의 정보를 검색하거나 데이터베이스에 정보를 저장하는데 있어서 편리하고도 효율적인 환경을 제공하

는 것이다.

데이터 처리에 있어서 가장 중요한 특징 중의 하나는 시간이 경과함에 따라 새로운 형태의 데이터와 응용 프로그램이 점차적으로 시스템에 첨가된다는 점이다. 전형적인 화일 처리 시스템으로 이러한 환경하의 데이터를 처리할 경우, 여러 화일 내에서의 같은 데이터의 중복과 사용자가 화일의 물리적 구조를 알아야 하는 불편 및 동일한 데이터의 변경에 따른 화일 갱신의 복잡성 문제들이 발생할 수 있다.

그러나 데이터베이스 시스템을 도입하면 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다.

- ▶ 데이터 중복의 최소화 : 화일 시스템에서 각 응용 프로그램은 자신의 화일을 개별적으로 유지하기 때문에 저장된 데이터의 입장에서 보면 상당히 많은 중복을 가져온다. 그러나, 데이터베이스는 데이터를 통합하여 구성하고 공유함으로써 이러한 중복을 사전에 통제할 수 있다.
- ▶ 데이터의 무결성 유지 : 데이터 중복성이 완전히 제거된다 하더라도 허용되지 않는 값이나 부정확한 데이터가 여러가지 경로로 저장 될 수 있다. 데이터베이스 시스템의 제어 기능을 통해 데이터베이스가 조작될 때마다 그 유효성을 검사함으로써 데이터베이스에 저장된 데이터값과 현실 세계의 값이 일치하도록 정확성을 유지할 수 있다.
- ▶ 논리적 / 물리적 데이터의 독립성 : 데이터베이스 시스템이 추구하는 궁극적인 목적은 응용 프로그램이 데이터에 종속되지 않게 데이터 독립성을 제공하는 것이다. 이러한 시스템은 응용 프로그램 자체에 영향을 주지 않고 데이터베이스의 논리적 구조를 변경시킬 수 있도록 지원해주며, 또한 응용 프로그램이나 논리적 구조의 수정을 요구하지 않고 데이터베이스의 물리적 구조를 변경할 수 있다.
- ▶ 데이터의 효율적 통제 : 데이터베이스를 중앙 집중식으로 통괄, 관찰함으로써 데이터베이스의 관리 및 액세스를 효율적으로 통제할 수 있다. 이것은 데이터베이스 시스템이 정당한 사용자, 허용된 데이터 연산, 처리할 수 있는 데이터 등을 확인 검사함으로써 모든 데이터에 대해 적절한 안전을 제공한다.

2.2 전력 계통에서의 데이터베이스 요건 분석

현재 우리나라의 연간 계통 운용은 부분적으로는 전산화되어 있으나 계산 결과의 정리, 프로그램간의 연계등은 수작업에 의존하고 있으며 업무 성격상 통계 데이터가 많고 입출력에 많은 시간을 소모하고 있다. 이러한 계통 업무를 효율적으로 처리하고 고도의 경제성과 안정성을 최적화하기 위해서는 새로운 방법이 도입되어야 한다. 특히 주변 업무와 관련 시스

태과의 협조 기능이 결여되어 발생하는 문제를 감소시키고 계획과 운용 업무를 일체화 시키기 위해서는 통합 시스템의 운영이 불가피하다고 할 수 있다. 이러한 통합 시스템을 운용하고 데이터베이스화 함으로서 얻어지는 이점으로는 중복 데이터의 보유 가능성 배제와 데이터의 계층화를 도모할 수 있고 업무요구의 현장 실태를 처리할 수 있으며 전체 시스템의 하드웨어 경비를 최소화할 수 있는 점이다. 또한 데이터의 수집 및 이용을 원활하게 할 수 있고 사용자의 관리를 용이하게 하며 계획과 운용에 이용되는 소프트웨어를 공유할 수 있다.

전력 계통에서의 데이터베이스 체계 구성 요건으로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다. 첫째, 계통 운용 업무에 관련되는 모든 데이터가 서로 다른 곳에서 편리하게 이용될 수 있도록 일정한 형식을 가져야 하며 둘째, 불확실한 데이터의 발생을 사전에 제거하기 위해 데이터의 타당성 검증 기능을 지녀야하며 그러므로 데이터의 정확성 및 신뢰성을 높일 수 있어야한다. 셋째, 계통 구성의 복잡화로 인한 계통 운용 데이터의 증가에 대처할 수 있도록 사전에 계통 운용에 어느 정도의 데이터가 필요한지를 검토, 분석해야 한다. 또한 시스템을 구성하는데 있어 국제 및 국내 표준안을 최대한 수용하는 것이 바람직하다. 마지막으로, 데이터베이스가 구성되었을 때 설비 변경이나 기타 요인등에서 발생하는 데이터의 수정 및 재구성 업무에 효율성을 부여할 수 있어야 한다.

전력 계통에서 데이터베이스 시스템 구축의 필요성은 가까운 실제 예에서도 찾아볼 수 있다. PSS/E 프로그램은 전력 계통의 여러 상태를 모의하여 전력 계통을 해석 및 계획하기 위한 프로그램으로써 주요기능은 전력 조류 계산, 고장 계산 및 안정도 계산으로 나눌 수 있다. PSS/E를 이용한 전력 조류 계산 결과는 안정도 분석 초기치로 이용되고 있으며 고장 해석과도 계속적인 연관을 가지고 있다. 최근에는 전력 계통이 점점 내부적으로 서로 연계되고 이에 따라 계통에 대한 연구 결과가 많아짐에 따라 데이터에 대한 요구가 점점 증가하고 있다. 특히 안전한 운용 조건으로 앞으로의 부하를 충족시킬 수 있는 최상의 시스템 확장 운용 계획을 세우기 위하여 최적화 기법 및 분석 프로그램을 개발하고 있다. 이와 같은 데이터는 갱신 및 검색이 가능한 컴퓨터 시스템에 집중을 거쳐 제공되어야 하고 또한 유용한 형태로 사용자에 제공되어야 한다. 또다른 측면에서 볼 때, 전력 계통에 데이터베이스화가 이루어지지 않는다면 전력 계통 운전원들의 불필요한 업무가 계속 늘어나고 복잡한 의사 결정을 수작업에 의존해야하는 비효율성이 나타날 것이다. 이러한 여러가지 이유로 전력 계통의 데이터베이스 구축은 필수적이라 하겠다.

3. 통합 시스템 운용 환경

3.1 계통 운용 체제

급속한 전력 수요에 따른 전력 계통의 복잡화와 비대화로 인하여 전력 계통은 광범위하게 분산된 제어소와 이들을 유기적으로 연결하는 송·배전선 등에 의해 형성되어야함을 요구하고 있다. 이것은 또한 일체적인 기능과 계층 구조를 가진 통합적인 운용 조직을 필요로 하고 있음을 의미한다.

우리나라의 전력 계통 제어 시스템은 개략적으로 중앙 제어를 담당하고 있는 중앙 급전소, 지역 제어를 담당하는 전력 관리소, 변전소, 발전소, 지점등으로 구성되어 있으며 관련된 업무를 상호 협조하고 있다. 그러나 앞으로는 계통운용 업무의 분산에 의한 계통 운용의 신뢰도와 안정성 향상을 위해서 전력 계통 운용 조직과 데이터 전송 시스템의 유기적 연결에 의하여 급전과 제어에 관계되는 계통 운용 업무가 되어야 할 것이다. 이러한 시스템에서는 계통운용을 효율적으로 수행하기 위해 계층 구조를 가진 계통 제어 시스템의 도입이 바람직하며, 이러한 시스템은 중앙 제어소의 담당업무를 분산시킬 뿐만 아니라 정보 자료 수집과 원방 감시 제어 기능 및 자동 발전 제어기능을 지닌 SCADA 시스템과 그리고 상태 추정, 안전

성분석 및 최적 전력 조류 계산등의 계통 분석 기능을 실시간으로 수행할 수 있는 에너지 관리 시스템(EMS:Energy Management System)에 의해 통합 시스템이 구축될 수 있다.

계통 제어 시스템의 각 계층에서 수행하는 급전 업무와 제어 업무를 구분하여 보면 다음과 같다. 급전 업무는 크게 경제적 부하 배분과 안정성 평가를 포함한 운용 계획, 전력 계통 제어 동작을 위한 의사 결정 및 계통 상태의 지휘 통제등이 여기에 속한다. 제어 업무는 전력 계통 구성 요소인 발전기, 변압기, 선로, 차단기 등의 운전상태를 통제하고 스위칭동명령 실행을 위한 조건을 검증하는 업무로서 사전에 검토 분석된 규정에 따라 실행하게 된다.

이와 같은 계통 제어 시스템의 개략적인 구성도를 그림 1에 보이고 있다. 계통 운용 통합 시스템과 에너지 관리 시스템은 중앙 제어소에서 운용하고 있으며 이것의 하위 구조에는 지역 제어소가 있어 원격소로부터 수집된 정보를 처리하고 분석하며 제어하는 기능을 제공한다. 그림 2는 계통 운용 통합 시스템의 블록 다이어그램으로 전력 계통 운용 업무 및 데이터베이스 구축 관련 분야를 나타내고 있다. 전력 수급 계획 시스템에서는 여러 부하 특성을 고려한 발전 계획등을 시뮬레이션하며 연차 보수 계획과 8760 시간 경제배분을 통해 최적화된 연료 수급 계획을 수행한다. 이때 장기적 안목의 년간 및 주간 발전 계획은 계통 계획 시스템에서 행해진다. 이러한 전력 수급 계획은 전력 경제 장기 수요 예측과 전력수별 수요 예측을 참고하며 이때 각 시스템에서 필요한 전력 조류 계산이나 고장 계산 및 안정도 계산등은 계통 해석 시스템에서 수행한다.

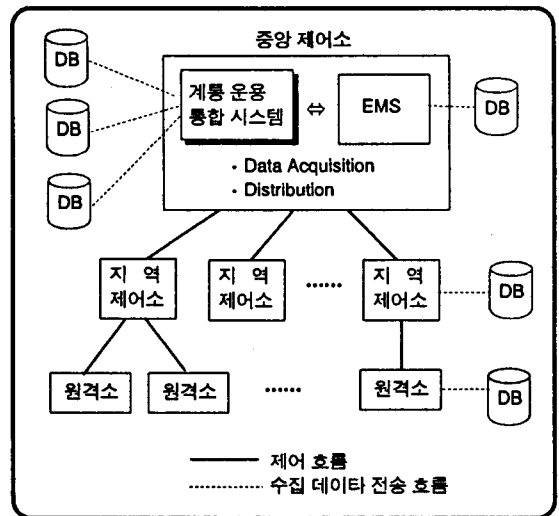


그림 1 계통제어 시스템 구성도

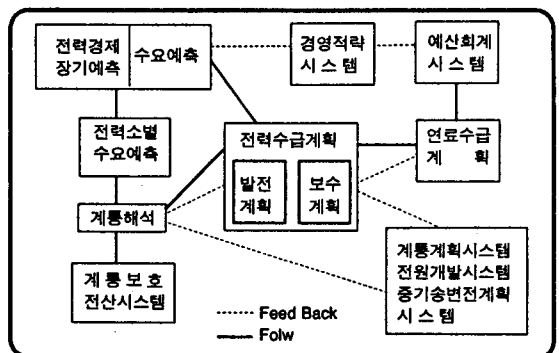


그림 2 계통 운용 통합 시스템의 블록 다이어그램 (예)

3.2 통합 데이터베이스 체계 구성 방안

전력 계통의 구성 설비가 다양하고 제어 시스템의 구성 방식이 복잡하기 때문에 정보의 취득, 관리, 처리 및 분류, 종류 선정등을 결정하는 일이 매우 어려운 문제로 부각되고 있으며 이러한 문제를 해결하기 위해 데이터베이스 체계 구성 방안이 필요하다고 할 수 있다. 이때 데이터베이스의 구조, 실행방법, 유지보수 방법은 계통 제어 시스템의 유연성, 유지보수 및 수명기간과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다.

계통 제어 시스템은 각 계통간의 정보 처리를 효과적으로 실행하기 위한 방안으로 여러 종류의 데이터 전송 구조가 있을 수 있다. 전력 계통으로 부터 수집되는 데이터가 지역 제어소를 통하여 중앙 제어소로 전송되는 구조와 수집된 데이터가 직접 중앙 제어소로 전송되는 경우이다. 또한 전력 계통의 모든 데이터가 중앙 제어소에 일단 수집된 후 각 지역 제어소로 전송되는 경우도 있다.

전력 계통 운용과 제어에 필요한 여러가지 기능들을 실행하려면 충분한 데이터가 저장되어 있어야 한다. 그러기 위해서는 중앙 제어소에 공동(public) 데이터베이스를 구축하고 각 지역 제어소 및 원격소에 각기 국지(private) 데이터베이스를 구축하는 것이 효율적이다. 특히 계통 운용 통합 시스템의 각 데이터베이스 기능과 EMS 데이터베이스 시스템간의 정보 검색 및 저장 기능이 원활히 이루어질 수 있다면 더 신속하고 신뢰성 있는 데이터를 실시간으로 이용할 수 있을 것이다. 다음에 나오는 그림 3 은 그림 1 의 계통 제어 시스템 구성도를 데이터베이스 시스템 구조 관점에서 나타내고 있다. 그림 3에서 검색되고 저장되는 데이터들의 종류는 표 3에 열거하고 있다.

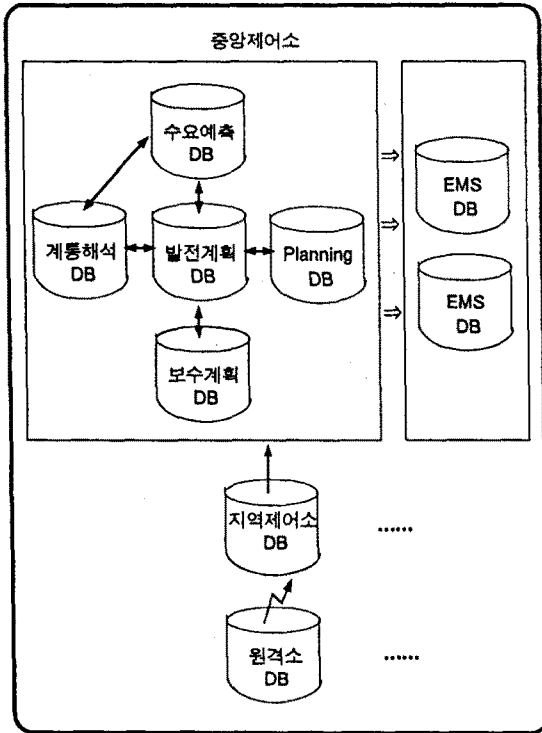


그림 3 계통 제어 시스템의 데이터베이스 시스템 구조

4. 데이터베이스 시스템 구축 방안

4.1 데이터베이스 설계 단계

오늘날 데이터베이스 응용 분야는 매우 다양해지고 복잡해져 가는 추세에 있으며, 다수의 작업이 하나의 통합된 데이터베이스 상에서 운용되고 있다. 이러한 복잡 다양한 환경하에서 다수의 응용 분야를 지원할 수 있는 데이터베이스 응용을 기획, 설계, 관리한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 데이터베이스 설계는 관련된 응용 분야에 대한 데이터베이스의 스키마를 개발하는 과정이다. 응용 프로그램의 수행 속도가 데이터베이스의 구조와 액세스 경로의 효율성에 의존하기 때문에 데이터베이스 설계는 아주 중요하다. 데이터베이스 응용 분야가 급속히 증가하고 크기와 복잡도가 한층 커짐에 따라 데이터베이스 설계 과정을 위한 도구, 기법 및 여러 방법론들이 계속 요구되고 있다.

데이터베이스를 설계하기 위해서는 그 응용의 기획 및 사용자의 요구사항을 면밀히 분석해야 한다. 현재 조직의 환경을 분석하고 데이터베이스를 이용하는 사용자의 요구사항이 무엇이며, 요구사항으로부터 필요한 데이터를 수집하는 방안을 결정해야 한다. 이 과정이 완료되면 요구 사항을 초기 정보 구조로 작성하는 개념적 설계 단계, DBMS(Database Management System)가 처리할 수 있는 스키마를 작성하는 논리적 설계 단계, 물리적 데이터 구조를 작성하는 물리적 설계 단계를 거쳐 데이터베이스를 설계한다. 이러한 데이터베이스 설계 단계는 일반 소프트웨어 공학 측면의 생명 주기(Life Cycle)와 비교 분석하여 설명할 수 있으며 다음 표와 같다.

데이터베이스 설계 단계	소프트웨어 생명 주기
① Requirement analysis	① S/W Planning step
② Conceptual design	② S/W Requirement analysis & definition step
③ Logical design	③ Preliminary design step
④ Physical design	④ Detailed design step
⑤ Database implementation	⑤ Coding step
⑥ Operation and monitoring	⑥ Test step
⑦ Modification and operation	⑦ Maintenance Step

표 1 데이터베이스 설계 단계와 소프트웨어 생명 주기

4.2 관련 데이터 분석 및 데이터베이스 설계

본 연구에서는 앞에서 설명한 데이터베이스 설계 단계를 이용하여 데이터베이스 시스템의 구축 방안을 마련하고 있으며 이의 선행 과정으로 전력 계통에 이용되는 여러 다양한 데이터를 분석중에 있다. 특히 분석된 데이터는 단순히 분석으로 끝나는 것이 아니라 전력 계통 계획 및 운용을 위한 통합 시스템의 각 응용 시스템과 일반적으로 전력 계통을 구성하는 설비 및 그 상태에 따라 여러 범주로 분류되어야 한다. 이러한 분류 작업은 통합 시스템의 설계와 밀접한 관련이 있으며 전기 에너지 공급의 효율성과 경제성 및 안정성과도 연관된다고 할 수 있다.

계통 운용을 기반으로한 공동 데이터베이스 구축 관련 분야로는 3장에서 제안한 바를 토대로 수요 예측과 발전 계획, 보수 계획, 연료 수급 계획 및 계통 해석 등을 고려하고 있다. 그밖에 EMS 데이터베이스와 SCADA 시스템을 운용하기 위한 데이터베이스 시스템도 살펴볼 수 있다. 이렇게 분석된 데이터에는 전력 조류 계산 데이터, 고장 계산 데이터, 수화력 협조를 고려한 연간 발전 계획 데이터, 발전연료 제약 고려한 주간 발전 계획 데이터등이 있으며 이러한 데이터는 그 특성에 따라 다시 공동 속성을 가진 항목끼리 분류되고 그러한 속성간의 관계가 설정되어야 한다.

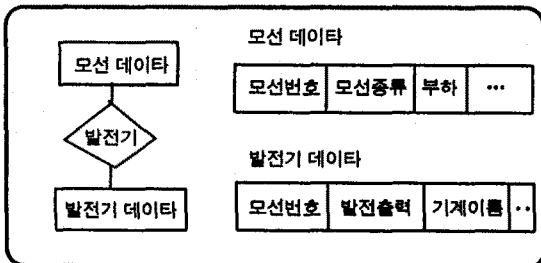
이러한 예는 계통 해석에 이용되는 전력 조류 계산과 고

장 계산 데이터에서 찾아 볼 수 있다. 전력 조류 계산에 이용되는 데이터는 크게 그 속성에 따라 8종류로 분류될 수 있으며 이들은 각각 모선 데이터, 발전기 데이터, 선로 데이터, 변압기 조정 데이터, 지역간 데이터, D.C 계통 데이터, 스위치 트리트 데이터, 변압기 임피던스 조정 데이터등으로 나눌 수 있다. 이들 중, 발전기 데이터에서 필요한 각 항목들을 나열해보면 모선 번호, 발전 출력, 무효 전력 한계, 조정 전압값, 원격 조정 모선, 전체 BASE, 발전기 임피던스, 변압기 임피던스, 권선비, 발전기 이름, 운전 상태등을 들 수 있다. 고장 계산 데이터는 이러한 전력 조류 계산 데이터에 정상분, 영상분, 역상분을 더 첨가한 경우로서 이러한 요소 데이터와 속성 데이터들간의 관계 설정은 많은 조건들을 고려해야 하며 데이터베이스 구축에 직접적인 영향을 미치므로 충분한 검토가 뒤따른다고 할 수 있다. 이와 같은 데이터의 속성별 분류를 표 2에 열거하고 있다. 표 3은 EMS 응용 소프트웨어를 기준으로 분류한 관련 데이터들의 속성별 분류이다.

모선 데이터	발전기 데이터
모선 번호 모선 종류 부하 선트어드미턴스 지역 번호 전압 크기 위상각 모선 이름 기준 전압 ZONE 번호	모선 번호 발전 출력 무효 전력 한계 조정 전압값 원격 조정 모선 조정 이득 전체 BASE 발전기 임피던스 변압기 임피던스 권선비 기계 이름 상태

선로 데이터	변압기 조정 데이터
FROM 모선 TO 모선 선로 번호 선로 임피던스 충전 성분 선로 정격 권선비 변압기 위상각 선로수 선로 어드미턴스 선로상태	FROM 모선 TO 모선 선로 번호 전압 조정 모선 상한치 하한치 증가비 표번호

표 2 조류계산 관련 데이터 속성별 분류



데이터베이스 개념설계 및 논리설계의 예

SCADA	Data Acquisition 데이터베이스 관리 감시 제어 RTU 경보 Logging Computer to Computer Local 기동/운용 실패 감시 실시간 데이터베이스 작성/갱신 Display 변경 운영 체제 시스템 오류 기록
Generation Control	자동 발전 제어 경제 급전 제통 상황 프로세서
Security Analysis	상태 추정 운용자 Load Flow 상정사고 해석 차단기 검증

표 3 EMS 관련 데이터 속성별 분류

5. 결론

본 논문에서는 현 전력 계통에 데이터베이스 구축의 필요성을 밝히고 바람직한 제통 제어 시스템을 구성하기 위한 통합 시스템 운용 환경과 통합 데이터베이스 체계 구성 방안을 제시하였다. 또한 데이터베이스 시스템 구축 방안으로 데이터베이스 설계 단계를 보였으며 관련 데이터의 분석내용을 함께 나열하여 전력 계통 계획, 운용을 위한 통합 시스템에서의 데이터베이스 활용 방안을 제시하였다.

향후 연구 방향으로는 EMS 관련 데이터베이스와 제통 해석 부분, Planning 부분, 발전 및 보수 계획 그리고 수요 예측에 관련된 데이터베이스 체계 분석을 토대로 통합 데이터베이스 체계 구성 방안을 모색하며 우리나라 전력 계통을 충분히 반영할 수 있는 DBMS 운용 환경을 제시하고자 한다.

6. 참고 문헌

- [1] Minakawa, T., "Highly integrated system for power system planning and operation", KIEE Annual Conference, 1988 11.
- [2] Minakawa, T., et al., "New advanced training simulator design for power system operations", IFAC Symposium Power System, 1988 Sep.
- [3] Minakawa, T., et al., "Advanced integrated system for electric energy supply planning", IFAC Symposium on Power Systems and Power Plant Control, 1989.
- [4] Minakawa, T., "Scheme and design for advanced energy control center", IEEE, 1990
- [5] Minakawa, T., et al., "Design and implementation of highly integrated systems for power system planning and operation", SCC, 1990 Aug.
- [6] Schlaepfer, F., et al., "Database in Power Systems Operations and Planning"
- [7] "전력계통의 장기전망과 운용전략에 관한 연구", 한전 기술 연구원, 1986 11.