

A Development of Power Transmission System Protection Database for Korea Electric Power Company

安永泰* · 李承宰** · 崔勉松** · 姜相熙** · 金浩杓*** · 李雲熙*** · 崔洪錫***
 (Young-Tae Ahn · Seung-Jae Lee · Myeon-Song Choi · Sang-Hee Kang** · Ho-Pyo Kim · Woon-Hee Lee · Hong-Suk Choi)

Abstract - The setting of protective relays, which is critical to the power system security and reliability, requires a huge volume of data processing and repetitive calculation. Since it has been performed by relay engineers manually, it is vulnerable to human errors, its computerization has been pursued, in which the efficient management of the data is the key to the success. The database for power system protection must accommodate not only the power system network data but also a variety of protective devices. Also its information should be able to be viewed and updated with easy by operators and by computer programs. This paper describes several existing database designs for power system protection, their advantages and disadvantages. Also this paper has identified the required function and designed the database for the KEPCO power transmission system by analysing the characteristics of the various relay panels and power system data structure for the benefit of the relay setting process, etc..

Key Words : Power transmission protection database, relational database, relay setting, database design

1. 서 론

현재 우리나라 전력계통에 설치되어 사용중인 보호계전기는 외국의 업체로부터 도입되어 사용되고 있으므로 그 종류와 수가 다양하고 올바른 동작을 위한 정정 파라미터와 이들의 정정 방법이 상이하여 정정 작업시 많은 어려움이 있다. 또한 90년대에 들어 PCM 전류차동 보호 방식이 도입되고 디지털 계전기가 적용되어 그 종류가 더욱 늘어나게 되었으므로 정정 업무에 어려움이 가중되었다. 보호계전기의 올바른 동작치 및 동작시간을 결정하는 정정업무는 계통의 안정도에 중대한 영향을 미치므로 정확하게 이루어져야 한다[1].

그리고 아직까지 국내에서는 많은 계통자료와 반복적이고 복잡한 계산을 필요로 하는 보호계전기 정정 업무가 수작업으로 이루어지고 있어 경험이 많은 보호계전기 기술자라도 정정에 많은 시간과 노력이 요구되며 또한 인적 실수를 배제할 수 없으므로 정정업무의 전산화가 절실히 필요하다. 이와 같은 전산화 작업에 있어서 우선 요구되는 것은 효율적인 관리체계가 이루어진 관련정보의 신뢰성이다. 왜냐하면 전력수요에 따른 전력설비의 신증설, 기존설비의 교체와 계통의 운전조건 변경 등이 빈번히 일어남에 따라 계전기

정정 업무와 관련된 정보가 수시로 변동되며 그 양이 무척 방대하다.

따라서, 보호계전기 정정 전산화를 뒷받침하기 위해서 정정 업무에 필요한 관련 정보들을 효율적으로 종합관리하는 계통보호 데이터베이스가 요구된다[2].

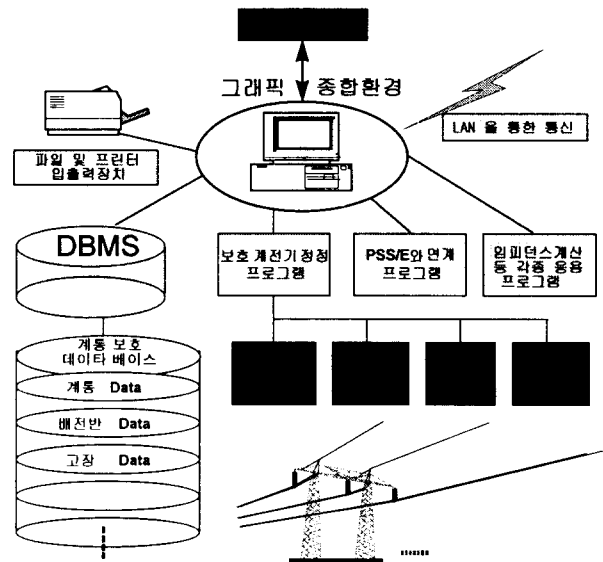


그림 1 계통 보호 전산 종합 시스템
 Fig. 1 An integrated computer program for power system protection

* 準 會 員 : 明知大 電氣工學科 大學院
 ** 正 會 員 : 明知大 電氣情報制御工學部 教授
 *** 正 會 員 : 韓國電力公私 電力系統保護部
 接受日字 : 1999年 1月 28日
 最終完了 : 1999年 6月 8日

- 발전기(Generator): 모선번호, 발전기 구별 코드, 발전기 출력, regulated voltage set point, 발전기에 의해 표현된 총 MVA Base, 발전기 등가 임피던스, 발전기 상태
- 선로(Branch): 모선번호(I, J), 회선 구별 코드, 선로 임피던스, 선로의 상태
- 전력관리처(area): area 번호, 모선번호, desired net interchange leaving the area, interchange tolerance band width, 전력관리처 이름
- 영상분 선로 임피던스(Zero Sequence Branch): 모선번호(I, J), 회선 구별 코드, 선로 영상 임피던스
- 변압기(Transformer): 모선번호(I, J), 회선 구별 코드, I 모선측 접지 코드, J 모선측 접지 코드
- 고장데이터: 고장종류, 고장모선, 회선번호, 자모선에서 상대모선으로 고장전류, 고장모선전압

그리고 계통에 설치되어 있는 설비에는 그 설비를 보호하기 위하여 배전반이 존재하며 배전반은 피 보호기에 따라 선로 보호용 배전반, 모선 보호용 배전반, 변압기 보호용 배전반, 차단기 실패 보호용 배전반이 있다. 이 논문에서는 선로보호용 배전반과 변압기 보호용 배전반의 데이터베이스를 구축하였다.

선로 보호용 배전반은 배전반의 타입(type)이 있으며, 각각의 배전반 타입에는 여러 가지 계전 요소들이 존재한다. 또한 이러한 계전 요소들 역시 여러 정정 요소를 포함하고 있다. 그리고 정정 요소들의 정정값을 결정하기 위하여 정정 룰(rule)에 적용될 입력요소를 필요로 한다. 이러한 선로 보호용 배전반의 특징은 배전반 타입에 따라 적용되는 계전 요소가 항상 일정하다. 따라서 File-Specific 디자인 방법을 이용하여 배전반 타입에 따라 개체(entity)를 분리하였으며, 정정에 필요한 공통 속성을 모아 하나의 개체를 만들어 주었다. 이와 같은 방법을 사용함으로써 배전반에 따른 정확하고 분명한 정정 데이터를 표현할 수 있었다. 그리고, 현재 우리나라 전력계통에서 실제로 사용되는 선로보호용 배전반 타입의 수가 20여가지 이내이고 같은 타입의 배전반은 동일한 계전요소를 가지고 있으므로 계전요소별이 아닌 배전반 타입별로 입력요소 및 정정요소의 2개의 테이블에 배전반 정보를 저장하였다. 그러므로 선로보호용 배전반 데이터베이스가 관리하여야 할 총 테이블의 수는 그리 많아 관리에 큰 어려움이 없었다. 그리고 관리의 편리성을 위하여 어떤 데이터가 어떤 계전 요소에 속하는 것인가를 표현하기 위하여 계전 요소 파라미터 리스트를 만들었다. 이렇게 하여 일반적인 File-Specific 디자인에서의 문제점인 많은 테이블의 관리 어려움이 선로보호용 배전반 데이터베이스 디자인에서는 나타나지 않았다.

이와 달리 변압기 보호용 배전반은 특정한 배전반 타입이 존재하지 않으며 배전반에 적용되는 계전 요소가 일정하지 않다. 따라서 배전반 타입에 따라 개체를 분리 할 수가 없으므로 배전반 위치 식별자 개체와 함께 변형된 Flat-file 방법을 사용하여 배전반 데이터를 구축하였다. 이와 같은 방법을 사용함으로써 어떠한 계전 요소의 조합으로 이루어진 배전반 타입도 쉽게 수용할 수 있었으며 두 테이블 사이의 입력 오류 발생 가능성은 비주얼 베이직을 이용한 입력 폼에서 쉽게 입력 할 수 있게 함으로써 선로보호용 배

전반 타입에서와 마찬가지로 정확하고 분명한 정정 데이터를 표현 할 수 있었다.

정정 요소들 중에는 탭 값의 범위(tap range)를 갖는 요소들이 존재한다. 이러한 탭 범위는 최소 탭 값과 최대 탭 값 사이에서 스텝(step) 증가하는 연속적인 경우가 있고, 불연속적인 이산 값을 갖는 경우가 있다. 또한 이런 두 가지 속성을 모두 갖는 경우도 있다. 따라서 본 논문에서는 이런 범위(range)를 표현하기 위해서 두 가지 개체를 사용하였는데 그 이유는 일반적인 탭 값을 갖는 개체와 불규칙적인 이산 값들을 갖는 개체를 분리함으로써 범위를 효율적으로 저장할 수 있기 때문이다. 배전반 데이터는 다음과 같은 정보를 포함한다.

- 선로 보호용 배전반 종류(Panel List): 배전반타입, 배전반 제작회사, 적용 룰(rule)
- 선로 보호용 배전반(Line Panel): 배전반 타입, 배전반 위치 식별자, 설치 변전소 이름, 주보호 구분, 제작연도, 후비보호여부, CT 비, CT 비 최대 값, CT 제작회사, PT 비, 선로 허용 전류, 선로 종류 등 선로 보호용 디지털 배전반에서 공통 속성을 갖는 데이터
- 입력 요소(D2L7E Input 등): 선로 보호용 디지털 배전반 타입에 따라 개체(entity)를 분리하였으며 타입에 따라 다른 속성을 갖는다.
- 정정 요소(D2L7E Setting 등): 선로 보호용 디지털 배전반 타입에 따라 개체(entity)를 분리하였으며 타입에 따라 다른 속성을 갖는다.
- 계전 요소(Relay Parameter): 배전반 타입, 계전 요소, 계전기 종류, 정정 요소 이름
- 탭값(Taprange): 계전 요소 번호, 스텝, 최대값, 최소값 (정정 요소가 규칙적으로 증가하는 탭을 갖는 경우)
- range: 계전 요소 번호, 이산 값 (정정 요소가 불연속적인 이산 값을 갖는 경우)
- 변압기 보호용 배전반(Tr. Panel): 배전반 위치 식별자, 설치 변전소 이름, 변압기 제작회사, 정격 용량, 기준 MVA
- 변압기 보호용 배전반 CT: 배전반 위치 식별자, 설치 변전소 이름, CT 비, CT 결선, CT 제작회사
- 변압기 보호용 배전반 PT: 배전반 위치 식별자, 설치 변전소 이름, PT 비
- 변압기 보호용 입력 요소(Inputs): 변압기 보호용 배전반의 배전반 이름, 입력 요소 이름, 입력 값
- 변압기 보호용 정정 요소(Settings): 변압기 보호용 배전반 배전반 이름, 계전기 기능, 계전기 종류, 정정 요소 이름, 정정 값, 설치된 계전기의 위치
- 탭값(TrTaprange): 계전 요소 번호, 스텝, 최대값, 최소값 (정정 요소가 규칙적으로 증가하는 탭을 갖는 경우)
- TrRange: 계전 요소 번호, 이산 값 (정정 요소가 불연속적인 이산 값을 갖는 경우)

2.4 계통보호 데이터베이스의 설계

계통보호 데이터베이스의 설계과정은 크게 개념적 설계, 논리적 설계, 물리적 설계의 세 단계로 구분된다. 개념적 설계는 데이터베이스 응용에 있어서 데이터의 요구사항을 분

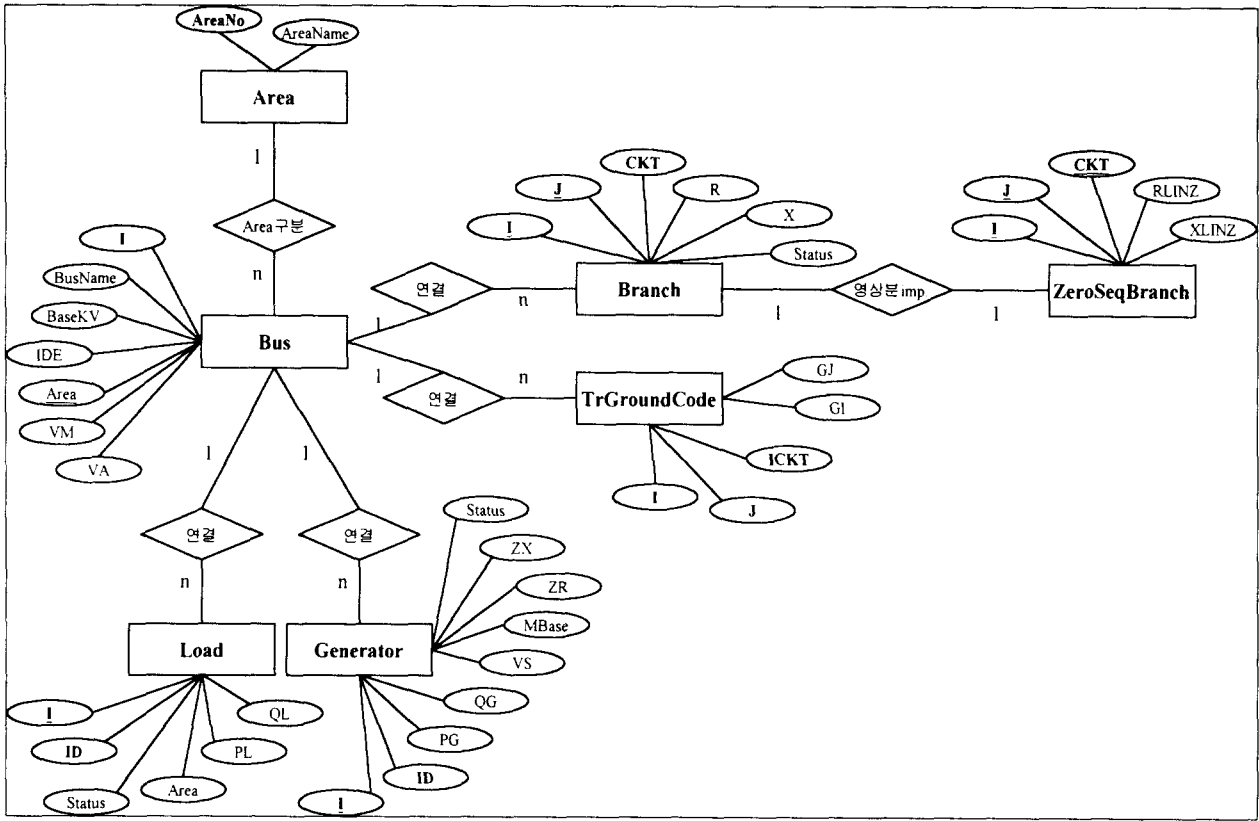


그림 4 계통데이터 E-R Diagram
 Fig. 4 E-R Diagram of power system data

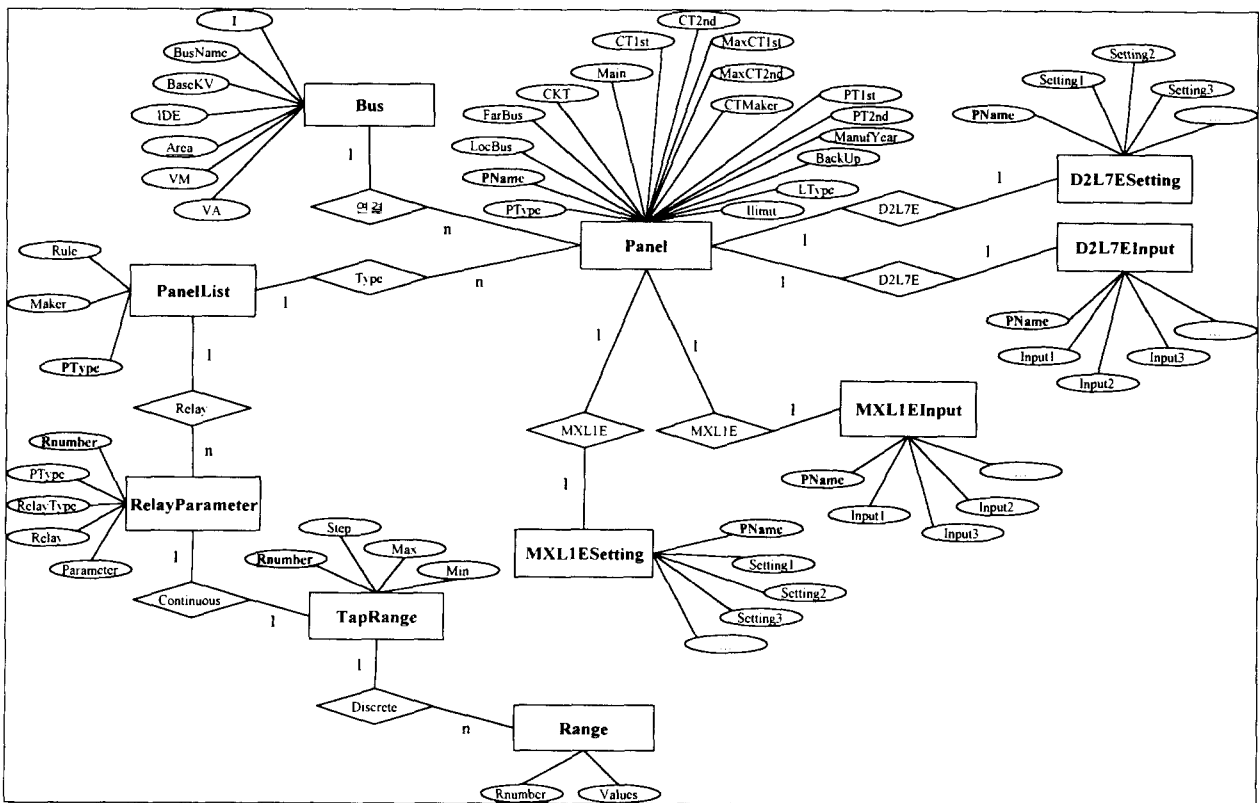


그림 5 선로 보호용 배전반 E-R Diagram
 Fig. 5 E-R Diagram of line protection pannel

석하고 파악한 데이터의 내용과 이들간의 연관성을 명확하게 제시한다. 그리고 이러한 요구사항들을 분석하여 나온 결과를 바탕으로 각 데이터 객체(object)의 속성으로 구성되는 개체(entity)들의 관계(relationship)를 E-R (Entity-Relationship) Diagram과 같은 표현기법으로 기술하여 데이터 요소들의 전체적인 일관성을 쉽게 이해할 수 있도록 한다. 논리적 설계는 개념적 설계 결과를 대상으로 특정 데이터베이스 관리시스템이 제공하는 데이터모델을 이용하여 데이터를 조직화한다[2, 3]. 물리적 설계는 데이터의 응용특성에 맞는 저장구조와 액세스 방법을 결정함으로써 데이터베이스가 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 한다[7-9].

그림 4는 PSS/E 데이터 분석에 바탕을 둔 계통데이터의 E-R Diagram이다. 한 예로 Area 개체에서는 9개의 전력관리처와 제주 지사의 정보를 제공하고 모선(Bus), 선로(Branch), 부하(Load), 발전기(Generator) 개체는 각각의 해당 정보를 제공한다.

아래의 두 그림은 배전반 정보에서 분석된 데이터의 요구사항과 이들간의 연관성을 E-R 다이어그램으로 보인 것이다. 그림 5는 선로 보호용 배전반의 E-R Diagram이다. 배전반 타입 개체(entity)에서는 배전반 타입 정보와 제작회사, 적용률(방향비교형, 전류차동형)의 정보를 나타내고, 배전반(Panel) 개체는 배전반의 위치 식별자 정보와 배전반에서 일반적으로 요구되어지는 공통 정보를 포함하였다. 배전반 타

입에 따른 개체는 정정 계산에 필요한 입력(Input) 값에 대한 정보를 저장하는 개체와 정정(setting)값을 저장하는 정정값 개체로 분리하였다. 그림 5에서는 MXL1E와 D2L7E의 두가지 타입에 관한 그림만을 보여 주고 있지만, 실제 정정 개체에는 MCD, MDTA2, MDAR, DLP, MDT-F, RYL2S의 한국전력 송전선로 디지털 배전반 타입에 대해서도 같은 방식을 적용하여 구성하였다.

그림 6은 변압기 보호용 배전반의 E-R Diagram이다. 선로 보호용 배전반과 가장 다른 점은 같은 종류의 배전반이라도 배전반별 구성계전기가 달라질 수 있으므로 일정한 데이터 구성형식이 없다는 것이다. 그러므로 변압기보호용 배전반 데이터는 변형된 Flat-file 디자인 방법을 선택하여 데이터 수가 일정하지 않은 변압기 보호용 배전반의 각종 정정요소와 입력요소의 저장이 용이하도록 하였다. 먼저 변압기 정보 개체를 따로 만들었으며, 345 변압기와 154 변압기 정보를 분리하여 정정에 필요한 변압기 용량, 변압기 임피던스 등의 데이터를 저장할 수 있도록 하였다. 변압기의 위치와 동시에 변압기 보호용 배전반의 위치 식별자 정보를 제공하도록 하였으며 정정에 필요한 계전기 마다의 입력 요소와 정정 데이터를 분리할 수 있도록 입력 요소(Inputs) 개체와 정정 요소(Settings) 개체를 두었다. 이와 같은 과정을 거쳐 데이터베이스를 구축하는데 있어 또 한가지 고려해야 할 점은 데이터 변동에 대한 수용성이다. 전력

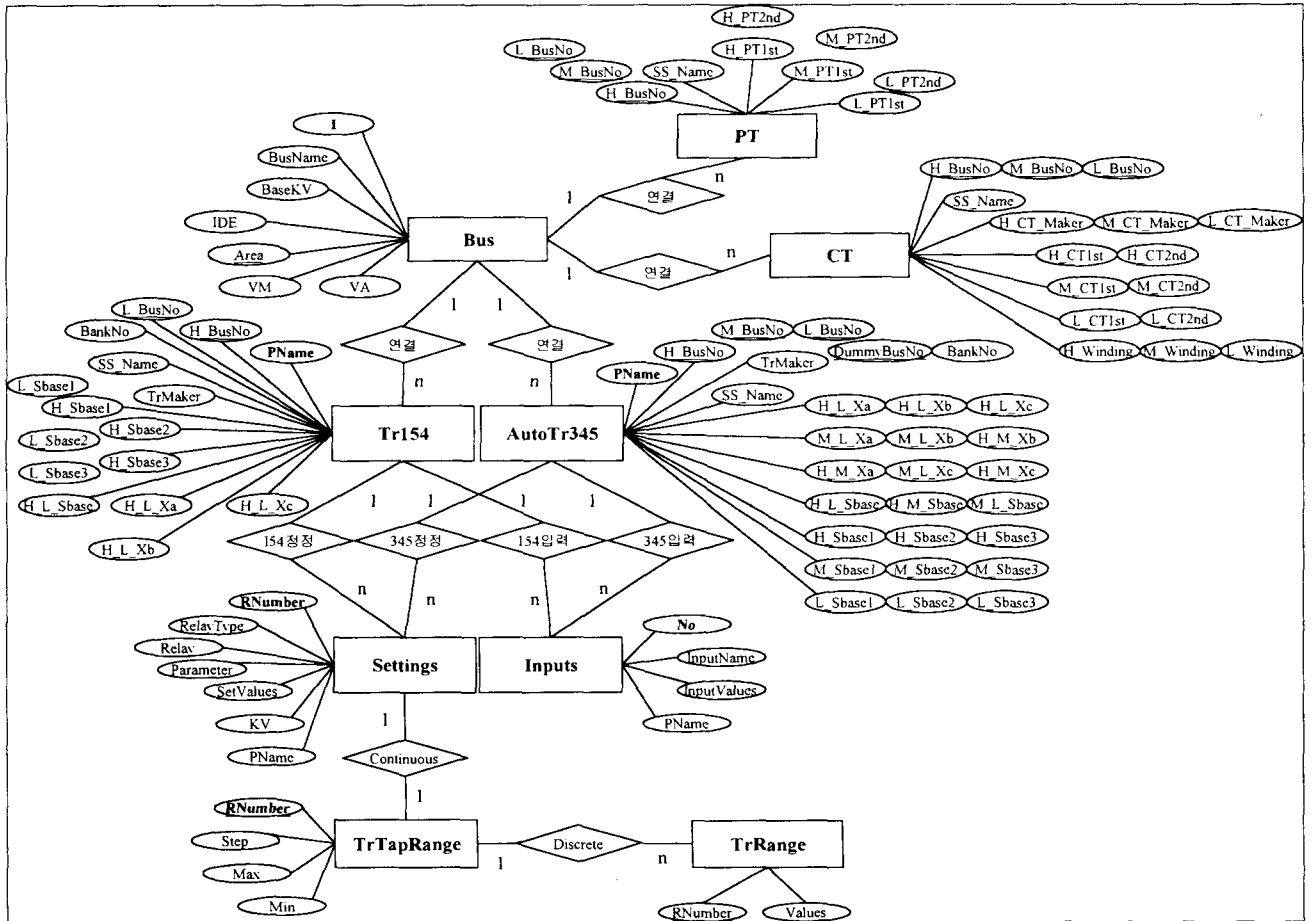


그림 6 변압기 보호용 배전반 E-R Diagram
Fig. 6 E-R Diagram of transformer protection panel

계통 설비는 수시로 변화하므로 계통 보호 데이터베이스는 계통 구성설비의 빈번한 교체에 따른 데이터 변동을 용이하게 수용할 수 있는 구조가 되어야 한다. 즉 기존 보호설비 타입이 폐지되거나 새로운 타입이 설비가 신규도입 될 때 데이터의 구조가 용이하게 변경되어야 한다. 그러므로 본 연구의 데이터베이스 구조를 데이터 변동의 단위인 보호설비의 타입별로 테이블을 만드는 구조로 하여 수시로 변동하는 데이터의 관리가 효율적으로 이루어지도록 하였다.

그리고 수행된 개념적 설계를 바탕으로 관계형 데이터베이스의 데이터를 조직화하였다. 표 3은 구축된 계통보호 데이터베이스의 일부 데이터의 스키마 다이어그램이다.

PanelType

| PType | ProtectDevice | Maker | Rule |
|-------|---------------|-------|------|
|-------|---------------|-------|------|

Panel

| PName | Loc.Bus | FarBus | CKT |
|-------|---------|------------|--------|
| Main | PType | Manuf.Year | BackUp |

D2L7ESetting

| PName | Setting1 | Setting2 | Setting3 | |
|-------|----------|----------|----------|-------|
|-------|----------|----------|----------|-------|

D2L7EInput

| PName | Input1 | Input2 | Input3 | |
|-------|--------|--------|--------|-------|
|-------|--------|--------|--------|-------|

RelayParameter

| RNumber | PType | RelayType | parameter |
|---------|-------|-----------|-----------|
|---------|-------|-----------|-----------|

TapRange

| RNumber | Step | Max. | Min. |
|---------|------|------|------|
|---------|------|------|------|

Range

| RNumber | Values |
|---------|--------|
|---------|--------|

345 AutoTr.

| PName | H_BusNo | M_BusNo | L_BusNo |
|------------|-----------|-----------|----------|
| DummyBusNo | BankNo | TrMaker | SS_Name |
| H_L_Xa | H_L_Xb | H_L_Xc | H_M_Xa |
| H_M_Xc | M_L_Xa | M_L_Xb | M_L_Xc |
| H_L_Sbase | H_M_Sbase | M_L_Sbase | H_Sbase1 |
| L_Sbase1 | L_Sbase2 | L_Sbase3 | |

154 Tr.

| PName | H_BusNo | L_BusNo | BankNo | TrMaker | SS_Name |
|----------|----------|----------|-----------|---------|---------|
| H_L_Xa | H_L_Xb | H_L_Xc | H_L_Sbase | | |
| H_Sbase1 | H_Sbase2 | H_Sbase3 | | | |
| L_Sbase1 | L_Sbase2 | L_Sbase3 | | | |

CT

| H_BusNo | M_BusNo | L_BusNo | SS_Name |
|------------|------------|------------|---------|
| H_CT_Maker | M_CT_Maker | L_CT_Maker | H_CT1st |
| H_CT2nd | M_CT1st | M_CT2nd | L_CT1st |
| H_Winding | M_Winding | L_Winding | |

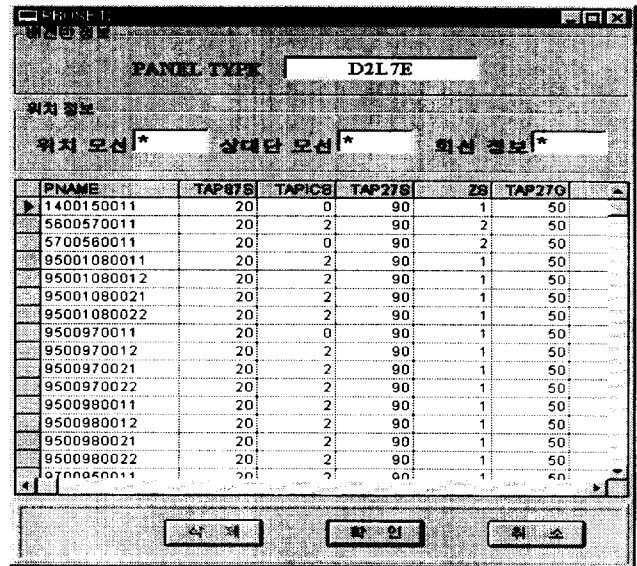
PT

| H_BusNo | M_BusNo | L_BusNo | SS_Name |
|---------|---------|---------|---------|
| H_PT1st | H_PT2nd | M_PT1st | M_PT2nd |
| L_PT1st | L_PT2nd | | |

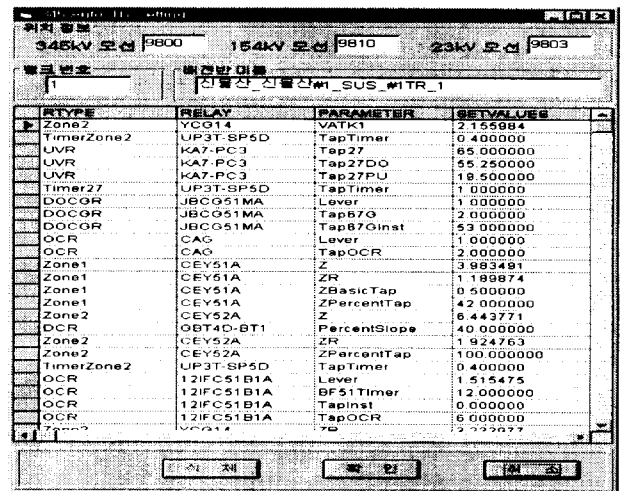
표 4 계통 보호 데이터베이스 스키마 다이어그램
Table 4 Schema diagram for the power system protection database

2.5 구현 및 검색 결과

데이터베이스 관리시스템은 상용 데이터베이스 툴인 오라클(ORACLE)을 사용하였다. 그림 7은 비주얼 베이직을 이용하여 배전반의 특징에 따라 데이터가 리포트 되어지는 것을 보인 것으로 (a)는 File-Specific 디자인을 적용한 예로 송전선로 보호용 배전반(D2L7E)의 데이터 저장 형식이고, (b)는 변형된 Flat-File 디자인을 적용한 변압기 보호용 배전반의 데이터 저장 형식이다.



(a)선로보호용 D2L7E 타입 배전반



(b)변압기 보호용 배전반

그림 7 배전반 데이터 리포트 폼

Fig. 7 Report forms for protection panels

3. 결 론

계통보호를 위한 정정 업무에 신뢰성을 높이기 위한 전산화화를 위해서는 적절한 데이터베이스 구축이 필요하다. 본 논문에서는 외국의 전력회사에서 현재 사용하고 있는 계통 보호용 데이터베이스 디자인들을 살펴보았으며, 국내의 계통 보호를 위하여 PSS/E 데이터를 분석함으로 계통 데이터를 저장하였고 배전반 데이터의 특성을 분석하였으며, 기존 디자인 방식의 비교를 통해 계통데이터와 송전선로용 배전반에는 File-Specific 디자인을 적용하였으며 변압기 보호용 배전반에는 변형된 Flat-File 디자인을 적용하여 국내의 계통정보 특성에 적합한 데이터베이스를 설계하였다. 그리고 한국전력의 계통보호 종합 전산프로그램에 본 논문에서 구현된 계통보호 데이터베이스를 적용하였다.

감 사 의 글

이 연구는 학술진흥재단 신진교수 연구 과제 지원에 의하여 이루어졌음.

참 고 문 헌

- [1] 한국전력공사 계통운영처, 계통보호 전산종합 프로그램 개발, 1998
- [2] 한국전력공사 기술연구원, "계통보호 데이터베이스 구축에 관한 연구", 1992
- [3] 김광호, "배전 자동화 시스템을 위한 데이터베이스 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 50권 C호, pp. 754-757, 1997
- [4] 안영태 외 8인, "계통보호를 위한 관계형 데이터베이스 구축", 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, pp. 237-240, 1998
- [5] 안영태 외 5인, "효율적인 계통보호 데이터베이스 디자인 방법에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 905-907, 1998
- [6] John McClain 외 2인, "Relay Database Design", IEEE Computer Application in Power, July 1995
- [7] 이석호, "데이터베이스 시스템", 정익사, 1997
- [8] 정윤 외 2인, "데이터베이스 시스템", 법문사, 1996
- [9] H.F. KORTH 외 1인, "데이터베이스 시스템 총론", 형설 출판사, 1995
- [10] T.E. Kostyniak, "PSS/E-24 Power System Simulator Program Operation Manual Volume I", December 1995

저 자 소 개



안 영 태 (安永泰)
1970년 1월 1일 생. 1997년 명지대 공대 전기공학과 졸업. 1999 동 대학원 전기공학과 졸업(석사)



이 승 재 (李承宰)
1955년 11월 30일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 Univ. of Washington 전기공학과 졸업(공학). 1994년 Univ. of Washington 교환교수. 현재 명지대 공대 전기정보제어공학부 교수.

Tel : 0335 -330-6362
E-mail : sjlee@wh.myongji.ac.kr



최 면 승 (崔勉松)
1967년 4월생. 1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 전기공학과 졸업(공학). 1995년 Pennsylvania State Univ. 방문 연구원. 1992년 기초전력공학 공동연구소 전임연구원. 현재 명지대학교 공대 전기정보제어공학부 조교수.

Tel : 0335-330-6367
E-mail : mschoi@wh.myongji.ac.kr



강 상 희 (姜相熙)
1962년생. 1985년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 전기공학과 졸업(공학). 1991년 영국 Univ. of Bath England 연구원. 1993년 LG산전 연구소 위촉연구원. 현재 명지대학교 공대 전기정보제어공학부 조교수.

Tel : (0335) 330-6364
E-mail : shkang@wh.myongji.ac.kr



김 호 표 (金浩杓)
1949년 9월 2일생. 1974년 연세대 전기공학과 졸업. 1975년 한국전력공사 입사. 1995년 서울전력관리처 공무부장. 1997년 북부산전력소 변전부장. 1998년 중앙급전사령실 계통보호부장

Tel : (02) 3456-8620
E-mail : kimhppp@dava.kepco.co.kr



이 운 희 (李雲熙)
1963년 10월 13일생. 1986년 부산대 전기공학과 졸업. 1987년 한국전력공사 입사. 1995년~현재 중앙급전사령실 계통보호부장대리.

Tel : (02) 3456-8623
E-mail : oonhilee@dava.kepco.co.kr



최 홍 석 (崔洪錫)
1969년 10월 25일생. 1994년 경북대 전기공학과 졸업. 1987년 한국전력공사 입사. 1995년~현재 중앙급전사령실 계통보호부.

Tel : (02) 3456-8624
E-mail : hongseok@dava.kepco.co.kr