

송전계통 보호계전기 정정협조 종합프로그램

김영일*, 이승재, 최면송, 강상희
영지대학교

An Integrated Setting-Coordination Program
for Protective Relay of Transmission Systems

Young-Il Kim*, Seung-Jae Lee, Myeon-Song Choi, Sang-Hee Kang
Myongji University

Abstract - One of the most important requirements for the development of computerized relay setting system is its openness to accommodate the various changes like new panel additions. This paper describes the relay setting system(PROSET2000), which has an open system architecture and adopts the object oriented programming paradigm. Its main features include the intelligent fault type identification, automatic running of the short circuit analysis, run-time rulebase modification, automatic documentation, etc.

1. 서론

계전기 정정은 계전기의 동작치를 결정하는 작업으로 계통의 안정도에 매우 중요한 역할을 담당하는데, 정정작업은 방대한 데이터를 필요로하고 계전기전문가의 경험적 지식과 정밀성을 요구한다. 따라서 정정작업은 복잡할 뿐만 아니라 많은 시간을 필요로하고 매우 지루한 작업으로 때로는 실수를 유발할 수 있기 때문에 계전기 정정작업을 프로그램화하기 위해 많은 연구[1,2,3]가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 계전기 정정에 필요한 송전선 임피던스계산, 고장분석, 정정협조, 계전기 정정, 정정결과와 서류화, 그리고 보호에 관련한 정보처리등의 작업을 일괄적으로 수행할 수 있는 종합 시스템을 제시한다. 이 시스템은 Open System 구조와 객체지향 프로그램(Object Oriented Programming, OOP)[4,5]의 paradigm에 입각해 새로운 타입의 계전기 모듈의 추가 및 기존 모듈의 삭제, 변경을 쉽게 처리할 수 있도록 구성하였다.

2. PROSET2000 : INTEGRATED SETTING-COORDINATION PROGRAM

본 연구에서 개발된 계전기 종합정정 시스템인 PROSET2000은 새로운 계전기 개발 및 삭제에 따른 변화에 충분히 대처하기 위해 open system 환경으로 구성되어 있다. PROSET2000의 구조는 그림 1에서와 같이 6개의 계전기 정정모듈과, 고장분석 프로그램, 데이터베이스, 데이터베이스 편집기 그리고 임피던스 계산 프로그램으로 구성되어 있고, ORACLE 데이터베이스 관리 시스템을 중심으로 한 open system 환경으로 구성되어 적은 노력으로 시스템의 각 응용프로그램을 추가 또는 삭제할 수 있도록 일반화된 인터페이스를 제공하고

있다. 즉 그림에서 보이는 바와같이 "bridge"와 "driver"는 open system 환경의 기반으로 "bridge"는 데이터베이스와 응용프로그램과의 인터페이스 방법을 제공하며 "driver"는 데이터와 각 응용모듈을 연결시키는 기능을 한다.

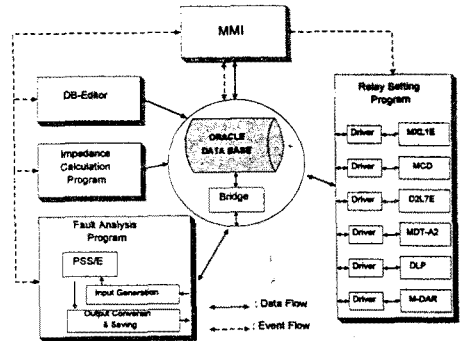


그림 2. Open System Structure of Integrated Relay Setting System

2.1 DATA MANAGEMENT SYSTEM

데이터베이스 관리 시스템은 유연성, 프로그램 언어와 연결, 모델의 효율(관계형 모델), 신뢰성, 보안성, 네트워킹에 있어서 우수한 ORACLE이 사용되었다. PROSET2000의 데이터베이스는 계전기 정정, 임피던스 계산, 고장계산등과 같은 보호기술에 관련된 다양한 응용프로그램이 필요로하는 모든 데이터를 포함하고 있어 데이터의 중복을 피하고 효율적으로 관리할 수 있도록 디자인 되었다.

2.2 RELAY SETTING PROGRAM

계전기 정정프로그램은 위에서 언급한 바와 같이 계속적으로 새로운 계전기가 개발되고 있기 때문에 좀더 쉽게 새로운 배전만 모델을 추가할 수 있고 기존 모델을 삭제할 수 있어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 객체지향적 paradigm을 채택하였다. 계전기 정정프로그램의 객체지향적 디자인은 크게 relay class, panel class, rule class로 나누었다. relay는 general relay와 relay type, component class등 3개 class로 구성된 계층적인 구조를 갖고 있다(그림 2,3,4). 그림 2는 제일 상위 level인 일반적인 계전기와 여러 계전기 형식과의 관계를 보여준다. 이 diagram에서 "Relay"는 general relay class이고 이는 계전형식

에 관계없이 일반적 속성을 가지고 있으며 이 class의 sub class는 거리계전기, 과전류계전기, 저전압계전기 등 다양한 계전형식으로 구성되어 있다. 따라서 relay type class는 상위 class에서 정의된 모든 속성을 상속 받아 정정률이 제시하는 일반적인 방법에 따라 1차측 정정을 실행한다. 그림 3에서는 relay type class인 "OCR" 과 각 배전반에 소속된 OCR(Component Class)과의 관계를 나타내고 있다. Component class는 2차측 정정과정으로 특정 계전기가 요구하는 정정치를 계산하는 방법과 속성을 가지고 있다. 그림 4에서는 거리계전기 class인 "DistanceR"과 관련 거리계전기로 구성된 component class와의 관계 예를 보였다. 그림 5는 전류차동보호방식 배전반을 나타내는 CD_Panel class와 방향비교방식 배전반(6)을 나타내는 CR_Panel class 각각의 해당 배전반들을 보여주고 있으며 이들은 상속관계로 맺어져 있다. 따라서 전류차동방식인 D2L7E와 MCD 배전반들은 class "CD_Panel"의 속성을 상속받으며 거리계전방식인 MXL1E, MDTA2등은 "CR_Panel"의 속성을 상속받도록 되어 있다. Panel class는 class "DB_driver"의 데이터를 사용할 수 있도록 하기 위해 class "DB_driver"와 "using"관계로 연결되어 있다. class "DB_driver"는 데이터베이스로부터 계전기 정정에 필요한 데이터를 읽어 저장하고 있는 일종의 데이터들의 집합이다.

그림 6은 rule base class를 나타낸 그림으로, rule base class "RuleFinder"가 relay type class와 "using"관계로 구성되어 있고 각 relay type class는 해당 정정률을 추론엔진인 "RuleFinder"를 통해 판단할 수 있다. 계전기 정정률은 룰베이스를 구축하여 데이터베이스에 저장했으며 이는 전류차동방식 정정률 그룹과 거리계전방식 정정률 그룹, E/M type 정정률 그룹과 digital type 정정률 그룹으로 구분하여 룰 선택의 효율성을 높였다. 또한 사용자가 정정률의 임의 선택 및 교정을 하여 새로운 룰 베이스를 구축하도록 하여 계전기 정정시 요구되는 룰 선택 시간을 최소화 하였다. 그림 7은 계전기 정정 실행시 일어나는 과정을 나타낸 그림이다.

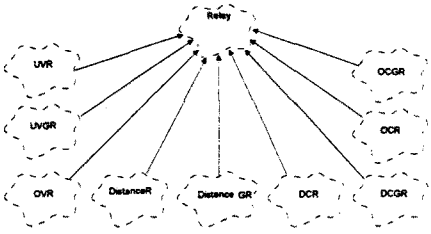


그림 3. Relay Class Diagram

2.3 MAN-MACHINE-INTERFACE(MMI)

MMI는 계전기전문가가 수행하는 계전기 정정과정을 분석하여 설계 되었고, visual basic언어를 사용하여 개발하였다. MMI는 전체 시스템의 모든 동작을 제어하는 주요 기능으로 PROSET2000에서는 크게, 선택된 배전반을 데이터베이스에서 읽어 배전반의 종류 및 위치를 판단하여 시스템의 각 모듈에 데이터를 전달해주는 기능

과 run-time시 사용자에게 정정률에 관한 정보를 시각적으로 표현하고 수정가능 할 수 있도록 한 기능, 그리고 정정과정 및 최종 정정값의 화면을 통한 확인기능을 실현하였다.

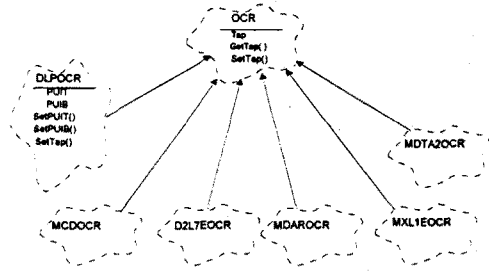


그림 4. Overcurrent Relay Class Diagram

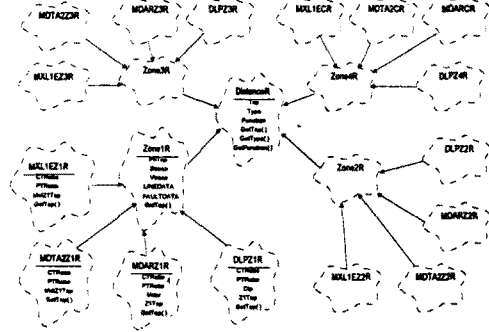


그림 5. Distance Relay Class Diagram

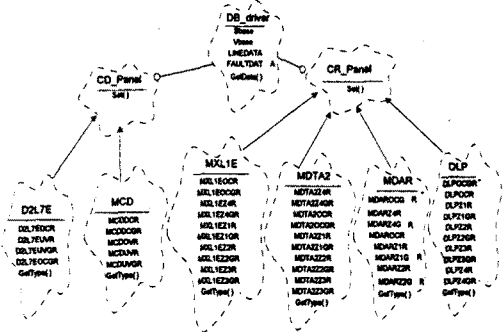


그림 6. Panel Class Diagram

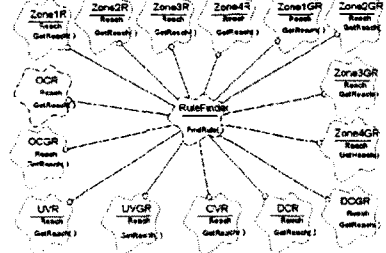


그림 7. Rulebase Class Diagram

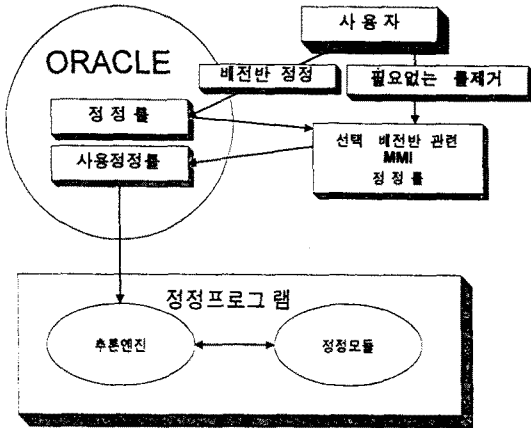


그림 8. Setting Rule Selection & Execution

3. 사례연구

현재 개발된 PROSET2000은 전차차동방식과 거리계전방식을 포함한 선로보호용 배전반 15가지 타입이 구현되었으며 실무자의 시험사용중에 있다. 그림 8은 정정률 확인 윈도우의 일부를 나타내었고, 그림 9는 정정작업의 정정과정 리포트, 그림 10은 최종 정정치를 나타낸 화면의 일부이다.

실무자가 수작업시 약 5~7시간 걸리던 배전반 정정작업이 본 시스템 적용시 약 10분으로 단축되었다.

정정률 확인

PHASE_ZONE1	자기선로 임계단속의 15%
PHASE_ZONE2	자기선로 임계단속의 15%, 자기선로 + 다용선로 임계단속의 15% x 1.5배 상기용 적용 값 자기선로 임계단속의 15%
PHASE_ZONE3	자기선로 + 다용선로 임계단속의 15% x 1.5배 자기선로 + 다용선로 임계단속의 15% x 1.5배 상기용 적용 값 자기선로 임계단속의 25%
PHASE_CR_FORWARD	상대인 Zone-2 Reach에 15% 조정 (Phase Zone-3 Reach - 자기구간 임계단속) 15%
PHASE_CR_BACKWARD	포용가능한 경우 조정 임계단속의 15% 미만 유지 15% 이하
GROUND_ZONE1	자기선로 임계단속의 15%
GROUND_ZONE2	Phase Zone-2 Reach에 15% 조정
GROUND_ZONE3	Phase Zone-3 Reach에 15% 조정

그림 8. Example of Setting Rule Display

4. 결론

본 논문에서 open system 구조와 OOP paradigm을 기반으로 한 송전계통 보호계전기 정정협조 종합프로그램을 개발하였다. 이 시스템은 ORACLE DBMS를 중심으로 데이터의 원거리 네트워크를 구성하기 위한 Client/Server 구조로 구성되었고, 현재 WINDOWS-NT를 탑재한 PC에서 테스트 과정을 거쳐 문제점을 계속적으로 보완하고 있다.

수 세 15kV 수 세 7.1(수 세-영 남1) Primary Protection

1. Setting For Phase Fault

가. Resistance of Zone-1(R1Z)

$$Z_L = 3.1629k\Omega \times 0.85 \times 1 / 0.422 = 2.3095\Omega$$

$$Z_r = 2.3095\Omega \times (2000/5) / (150000/110) = 0.6607\Omega$$

$$Z_L = 2.3095\Omega$$

$$Z_r = 0.67\Omega (R1Z)$$

$$X150 = 1.5\Omega (Zone0)$$

나. Resistance of Zone-2(R2Z)

영 남1의 임계이동률
자기구간의 선로 임계이동률의 15%면

$$Z_L = 1.1629k\Omega \times 1.5 \times 1 / 0.422 = 4.1099\Omega$$

$$Z_r = 4.1099\Omega \times (2000/5) / (150000/110) = 1.1091\Omega$$

$$Z_L = 4.1099\Omega$$

$$Z_r = 1.10\Omega (R2Z)$$

다. Resistance of Zone-3(R3Z)

1) 자기구간의 선로 임계이동률의 100% + 자기구간선로 impedance의 100% x app

$$Z_L = 431.1629k\Omega + 31.1629k\Omega \times 1.80 \times 1/0.422 = 8.1995\Omega$$

$$Z_r = 8.1995\Omega / 2350.24kV = 1.00$$

$$Z_L = 8.1995\Omega$$

$$Z_r = 1.77\Omega (R3Z)$$

2. Resistance of Zone-1, 2, 3(R1Z, R2Z, R3Z)

Load sensitivity = $(150000 \times 0.85) / (2 \times 2000 \times 1.5) \times (2000/5) / (150000/110) = 27.0000\Omega$

$$R = 27.0000\Omega$$

$$S = 21000$$

$$R = 21000 / 21000 = 1.00$$

$$RS = 17.0010$$

$$R = 17.0010$$

$$RS = 17.0010$$

그림 10. Setting Step Report

보호계전기 설정표

계통	구분	설정	비고	설정
TYPE	RELAY	CT Ratio	2000/5	PT Ratio
SETTING		6 or RELAY of TABLE 10-1 Primary Protection		
Setting For Phase Fault	Resistance Of Zone-1(R1Z)	Zr = 0.67	X150 = 1.5	
	Resistance Of Zone-2(R2Z)	Zr = 1.10		
	Resistance Of Zone-3(R3Z)	Zr = 1.77		
Setting For C/R Starting(Phase)	Resistance Of Forward Looking Element	ForwardCRS = 1.50	BackwardCRS = 1.50	
	Resistance Of Reverse Looking Element	R1 = 1.20		
Resistance Of Power Swing	Resistance Of Power Swing	Time Delay = 0.00(Phase)		
Setting For Ground Fault	Resistance Of Zone-1(R1G)	Zr = 0.67		
	Resistance Of Zone-2(R2G)	Zr = 1.10		
	Resistance Of Zone-3(R3G)	Zr = 2.10		
Setting For C/R Backward	Resistance Of Forward Looking Element	R1 = 1.20		
	Resistance Of Reverse Looking Element	R1 = 1.20		

그림 10. Setting Summary

[참고문헌]

- [1]Seung Jae Lee, et. al. "An Expert System for Protective relay Setting of Transmission Systems", IEEE Trans. on Power Delivery Vol.5, No.2, 1990, pp.1202-1208.
- [2]Seung Jae Lee, et al., "Enhanced Expert Systems for Setting and Coordination of Protective Relays", Proc. 3rd. Symposium on Expert System Applications in Power Systems, April 1991, Tokyo, pp.290-294
- [3]"계통보호 종합 전산프로그램", 기초전력공학 공동연구소, 1997.7.29
- [4]E.Z.Zhou, "Object-oriented Programming, C++ and Power System Simulation", IEEE Trans. on Power System, Vol. 11, No1, February 1996, pp.206-212
- [5]Grady Booch, "Object-Oriented Analysis And Design", The Benjamin./Cummings Publishing Company, 1994
- [6]J. Lewis Blackburn, "Protective Relaying Principles and Application", MARCEL DEKKER, INC., 1987, pp.390-478