'96 대한전기학회 하계학술대회 논문집 (1996. 7. 22~24)

산업전력계통 보호계전기 협조 자동화 시스템

이승재*, 강상희*, 김기화*, 김필석*, *김상태*
명지대학교 전기공학과*

김봉희**
현대 엔지니어링**

Computerized Setting and Coordination System of Protective Relays In Industrial Power System

Seung-Jae Lee*, Sang-hee Kang*, Ki-Hwa Kim*, Pil-Seok Kim*, *Sang-Tae Kim*
Myoungji Univ.*

Bong-Hee Kim**
Hyundai Eng.**

Abstract

This paper reports the protection coordination program, INPROSET for the industrial power system to determine the optimal TAP and Time-Dial of OCRs. INPROSET performs two stages process and the first stage starts form the highest level and depending on its results, the second stage achieves the higher relay operating time. The developed system proved effective through the tests on the real systems.

I. 서론

산업전력계통은 송전 계통에 비하여 고장의 파급 효과는 적으나 사고시 정전에 의한 경제적 손실이 유발되므로 적절한 보호 대책이 요구된다. 보호 계전기는 고장상태를 감지하여 차단기를 트립 시킴으로써 고장구간을 건전계통으로부터 분리시키는 기능을 갖고 있으며 이러한 보호 계전기의 적절한 정정 및 상호간의 협조는 계통의 안정도 및 신뢰도 측면에서 매우 중요한 요소이다. 그러나 계전기의 정정 협조는 현재 계전기 기술자의 숙달된 경험과 지식에 의거하여 수작업으로 행하여지며 또한 많은 양의 자료를 다루므로 매우 지루하고 시간이 많이 소비될 뿐 아니라 오류가 유발되기 쉬우므로 이러한 작업의 전산화가 매우 절실히 요구된다.

본 연구에서는 산업전력계통의 과전류 계전기의 최적정정을 실행하는 보호 협조 시스템(INPROSET)을 개발하였다.

INPROSET은 먼저 상위레벨부터 하위레벨로 깊이우선탐색 순서로 정정협조를 실행한 후 2차적으로 계전기 동작시간의 최적화를 위하여 하위레벨로부터 상위레벨로 넓이우선탐색순서로 정정협조를 재실행하여 최종 동작치를 결정하는 특징을 갖는다.

II. 보호협조 프로그램 : INPROSET

INPROSET의 전체 실행과정은 그림 2의 흐름도와 같다. 일반적으로 전력회사의 전기를 수전 하는 산업전력계통의 인입단의 고압 수전점에 설치되는 계전기는 그 정정치 즉 탭 및 Time-Dial이 주어지게 되며 산업계통의 보호계전기는 이를 기준으로 정정협조가 이루어져

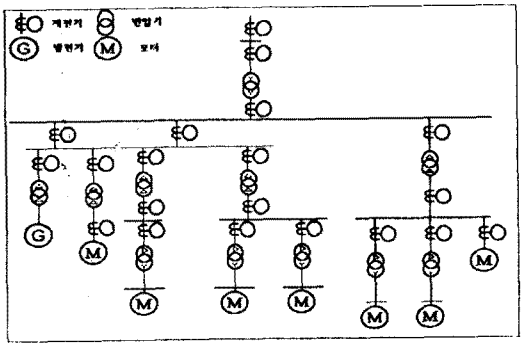

그림 1 산업전력계통의 구성

야한다. 따라서 INPROSET은 최상위레벨의 계전기로부터 다음 하위레벨의 적절한 계전기를 깊이우선탐색을 통하여 결정한 후 적절한 Rule의 실행을 통하여 탭을 먼저 결정한다. Time-Dial은 계전기의 TCC특성을 이용하여 주보호-후비보호 계전기간의 동작시간 협조(0.3초)가 이루어 질 수 있도록 결정한다. 이 경우 후비보호계전기의 탭, Time-Dial, 협조요구 고장전류값, 동작요구시간을 기준으로 주보호계전기의 Time-Dial을 결정하게 된다. 이와 같은 최상위부터 시작된 정정 협조 과정이 최하위레벨의 계전기에 이르게 될 경우 최소 수준의 보호 협조 능력이 확보됨을 나타낸다. 만약 말단 계전기의 Time-Dial이 최소값보다 큰 경우 이를 최소값으로 조정함으로써 전체 계전기 동작시간의 개선을 얻을 수 있다. 따라서 Time-Dial이 조정된 계전기를 기준으로 이 계전기와 주-후비 보호관계를 형성하는 상위레벨의 계전기를 넓이우선탐색순서로 찾은 후 이들의 Time-Dial을 하향 조정하여 동작시간의 향상을 기한다. 이와 같은 과정을 최상위레벨까지 반복 수행하게 된다. 그러나 만약 수행도중 협조가 안되는 경우가 발생 시에는 사용자로부터 탭, Time-Dial 등에 관한 입력정보를 받아 임의의 위치에서 재정정을 실시하게 된다. 이와 같이 INPROSET은 2단계의 정정 협조 과정을 거치는데 상위로부터 하위레벨로 진행되는 1단계의 비협조가 발생할 수 있으나 하위레벨부터 상위레벨로 진행되는 2단계 과정에서는 협조가 보장된다.

탭의 결정은 현장에서 사용되는 Rule에의하여 실행되는데 본 연구에서는 이를 보호계전기 종류와 피보호기기 구성 형태에 따라 21가지로 구별하여 해당 정정 Rule을 파악하여 사용하였다. 아래에 변

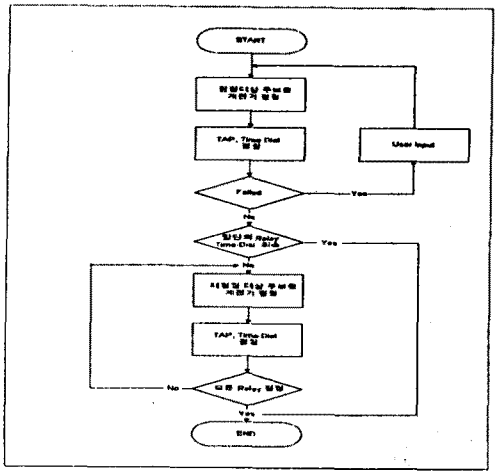

그림 2 보호 협조 프로그램의 흐름도

압기와 모선보호 를 위한 과전류계전기의 두 가지 Rule을 예시한다.

(1) 변압기 보호 과전류 계전기

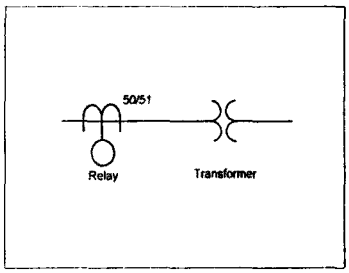

그림 3 변압기 보호 과전류 계전기

한시(51) : 변압기 정격의 150%

순시(50) : 변압기 2차측 3상 고장 전류의 125% 적용

(2) 모선 보호 과전류 계전기

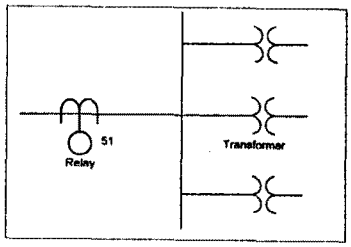

그림 4 모선 보호 과전류 계전기

한시(51) : 변압기 총용량의 150%

INPROSET에서 필요로 하는 데이터는 계통 데이터, 계전기 데이터, 고장전류등이 있으며 이들의 입력형태는 표 1과 같다.

표 1 입력 데이터

case	position	relay-F	KVA	I_1	I_2	V_1	V_2	self_V	Imf2	Imf1

case : 정정 Rule, position : 계전기가 설치된 장소의 이름,

relay-F : 적용 계전기 file, KVA : 변압기 용량

I_1 : CT 1차측 전류, I_2 : CT 2차측 전류, self_V : 계전기 위치의 전압

V_1 : 변압기 1차측 전압, V_2 : 변압기 2차측 전압

Imf2 : 변압기 2차측 최대 고장 전류, Imf1 : 변압기 1차측 최대 고장 전류

표 2 계전기 데이터

RELAY_TYPE	RELAY_MAKER	RELAY_FILENAME

RELAY_TYPE : 계통의 적용 RELAY 이름

RELAY_MAKER : 적용 계전기 RELAY MAKER

RELAY_FILENAME : Digitizer로 읽어 드린 계전기 특성 곡선 데이터 파일

보호기기 정정에 사용되는 계전기 특성 곡선의 데이터는 Digitizer 를 이용하여 (x,y)좌표값을 file로 저장하여 사용하였다.

III. 실행 예제

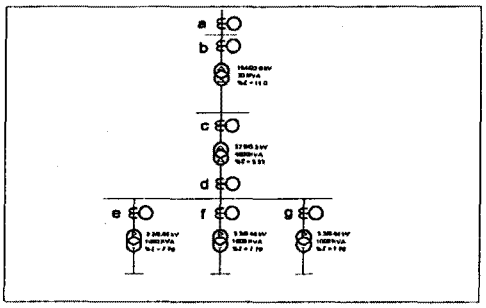

그림 5 예제 계통 1

그림 5에서 보이는 예제 계통을 대상으로 정정 협조를 INPROSET을 이용하여 수행하였다. 예제계통의 데이터는 표3과 같으며 INPROSET의 실행결과를 요약한 결과는 표4와 같다.

표 3 예제 계통 1의 데이터

3	g	cofcado	chunil	1000	250	5	3.3	0.44	3.3	14917	9558
3	f	cofcado	chunil	1000	250	5	3.3	0.44	3.3	14917	9558
						...					
3	b	gcoc12d4	kyung	30000	200	5	154	22.9	154	6697	21476
2	a	gcoc12d4	kyung	30000	800	5	-1	-1	154	-1	21472

표 4 INPROSET 실행 결과

Position	Tap	1차 Time-Dial	2차 Time-Dial
g	6	8	0.5
f	6	10	2
e	6	11	4
d	4	11	3
c	4	10	4
b	5	3	2
a	4	2	2

표4에서 보는 바와 같이 예제 계통 1은 모든 계전기가 만족할 만한 협조를 갖고 있는 경우이며 전원측에서 내려오면서 결정한 1차 Time-Dial값보다 말단에서 올라가며 결정한 2차 Times-Dial값이 더 개선된 값임을 알 수 있다.

다음은 그림 6에 보이는 예제 계통 2를 대상으로 정정 협조를 실행한 결과를 보인다.

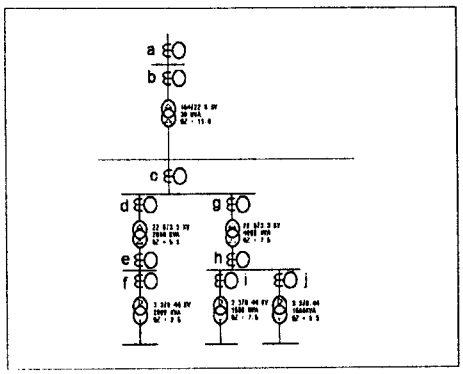

그림 6 예제 계통 2

표 5 예제 계통 2의 데이터

case	positio	relay	KVA	self_V	I_1	I_2	V_1	V_2	Imf2	Imf1
2	a	gcoc	30000	154	800	5	154	22.9	-1	21476
3	b	gcoc	30000	154	300	5	154	22.9	6697	21476
2	c	gcoc	12000	22.9	400	5	22.9	3.3	-1	6697
3	d	gcoc	2000	22.9	75	5	22.9	3.3	5901	10684
2	e	gcoc	2000	3.3	500	5	3.3	0.44	-1	5901
3	f	gcoc	2000	3.3	500	5	3.3	0.44	20582	5901
3	g	gcoc	3000	22.9	150	5	22.9	3.3	8064	10313
2	h	gcoc	3000	3.3	1000	5	3.3	0.44	-1	8064
3	i	gcoc	1500	3.3	500	5	3.3	0.44	22806	8064
3	j	gcoc	1500	3.3	500	5	3.3	0.44	23425	8064

표 6 예제 계통 2의 1차출력

Position	Tap	1차 Time-Dial	2차 Time-Dial
a	4	2	
b	4	2	
c	6	2	
d	6	4	4
e	6	2	2
f	6	1	0.5
g	4	2	
h	4	0.5	
i	4		
j	4		

표 6에서 보면 1차 정정시 c에서 d로 가는 계통은 문제없이 협조를 볼 수 있으나, g로 이어지는 계통은 i와 j는 협조가 이루어지지 않음을 알 수 있다. 사용자의 판단에 의하여 변압기 아랫단에 위치한 계전기 h의 Time-Dial을 g와 동일하게 지정한 경우의 INPROSET 수행결과는 표 7과 같다.

표 7 예제 계통 2의 최종 출력

Position	Tap	1차 Time-Dial	2차 Time-Dial
a	4	2	2
b	4	2	2
c	6	2	2
d	6	4	4
e	6	2	2
f	6	0.5	0.5
g	4	2	2
h	4	2	2
i	4	1	0.5
j	4	1	0.5

IV. 결론

본 연구에서 개발된 산업전력계통 보호기기 정정 협조 프로그램 INPROSET은 전원측으로부터 말단으로, 다시 말단에서 전원측으로 주보호-후비보호간의 협조 정정 Rule을 적용하여 실행함으로써 최적의 정정치를 결정하는 기능을 갖고 있다. INPROSET에서는 각종 계전기의 시간-전류 특성곡선은 Digitizer를 이용하여 file에 저장처리함으로써 수작업에서 문제가 되던 정확도와 속도를 높였으며, 협조 상황 graphic화면을 통하여 정정 진행 상황을 볼 수 있도록 하여 사용자의 프로그램에 대한 이해 및 신뢰도를 높였다.

VI. 참고문헌

[1] 이승재, 박영문, 이정원, 윤상현, 윤만철, 이상옥 "배전 계통 보호기기 정정 프로그램" 1990 대한 전기 학회 하계 학술대회.

[2] 이승재, 박영문, 심정문, 윤상현, 윤만철, 이상옥 "송전 계통 보호 협조 전문가 시스템의 개발" 1990 대한 전기 학회 하계 학술대회

[3] J. Lewis Blackburn, "Protective Relaying" Marcel Dekker, 1987.

[4] IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants. Red Book.

[5] IEEE Recommended Practice for protection and Coordination of industrial and commercial Power System. Buff Book.