

## 방향지락과전류계전기를 이용한 고저항지락사고 검출능력의 향상방안

이승재\*, 임종윤\*  
명지대학교

김일동\*\*, 한경남\*\*  
한전 전력 연구원

### A New Scheme to Improve High Impedance Fault Detection Capability Using Directional Over-Current Ground Relay

Seung-Jae Lee\*, Jong-Yun Lim\*  
Myong-Ji Univ.\*

Il-Dong Kim\*\*, Kyong-Nam Han\*\*  
KEPRI\*\*

**Abstract** - In this paper we proposes a scheme which can improve the detecting capability of the high impedance fault of the conventional distance relaying. It utilizes the directional ground overcurrent relay called HIFR together with the distance relay in order to secure the security and selectivity.

본 연구에서는 두번째방안 - 선로에 지락과전류 계전기를 설치하여 고저항 지락사고시의 종래의 거리계전방식의 문제점을 보완하는 방안을 제안한다.

#### 1. 서 론

송전시스템의 지락사고보호에 있어서 선로후비보호에는 3단계 한시거리계전기, 변압기후비보호에는 방향지락과전류계전기가 사용되고있다. 이러한 보호계통에서는 송전선로상의 고저항지락사고시 선로 보호용 지락거리계전기는 사고를 인지하지 못하나 변압기후비보호용 방향지락과전류계전기가 고장을 인지하여 동작하는 경우(고저항지락문제)가 발생할 수 있으며 이 때 고장 위치에 따라서 광범위한 정전이 유발될 수 있다. (그림 1) 이는 동작원리가 상이한 이중계전기간의 감도 협조상의 문제로서 DOCGR의 감도가 높고 거리계전기의 고저항사고 검출능력의 한계로 인한 문제이다. 따라서 이와같은 고저항지락사고시의 문제해결을 위하여는 동종계전기의 적용이 바람직하다. 즉 변압기 후비보호에 선로후비보호와 같은 지락거리계전기를 사용하거나 선로후비보호에 변압기 후비보호와 같은 지락과전류계전기를 적용하는 것이다.

#### 2. 본 론

제안된 방안은 선로측 고저항 지락사고시 거리계전기는 감지하지 못하나 후단의 변압기 후비보호용 지락과전류계전기 (67GH)가 감지하는 선로상의 고장범위를 파악하여 문제범위내의 선로에 고저항 지락보호용 과전류계전기 (HIFR)를 추가설치하는 방안이다.

#### 2.1 고저항지락 문제범위 파악

거리계전방식에 있어서 후비보호 요소로서는 모타입과 사변형 타입이 주로 사용되고 있으며 이들의 고저항지락사고 검출능력은 그 동작영역에 의하여 결정되어지며 지락과전류 계전기의 고저항사고 검출능력은 동작치( $I_{pu}$ )에 의하여 주어진다. 따라서 그림 2에서 빗금친 부분은 거리계전기가 고장을 인지하지 못하나 67GH가 감지하는 영역(고저항문제영역)을 나타낸다. 여기서 거리계전기의 동작범위 경계상의 최소저항값( $R_{Fmin}$ )을 결정하여 선로 근단  $R_{Fmin}$  값을 갖는 고저항 사고시의 전류가 67GH  $I_{pu}$ 보다 작다면 고저항 문제영역이 존재하지 않음 즉 거리계전기동작범위내의 어떠한 고저항고장도 67GH가 감지하지 못함을 뜻하며 만약 67GH  $I_{pu}$ 보다 크다면 고저항 문제영역이 존재함을 의미한다. 따라서 고저항지락문제 가능성이 있는 선로범위는 그림 3의 알고리즘에 의하여 파악될 수 있다. 변전소 인출단 선로로부터 시작하여 선로상의 고저항문제영역 존재여부를 판정하여 존재할 경우 다음 선로로 진행하며 3번 연속 고저항문제영역이 존재하지 않을 경우에 종료하게 된다.[5]

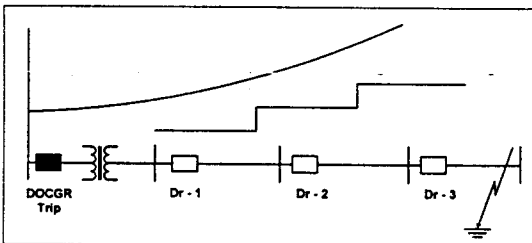


그림 1 선로 고저항 지락사고로 인한  
DOCGR오동작

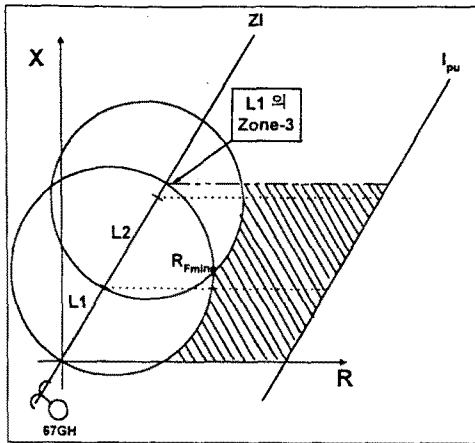


그림 2 고저항 문제 영역

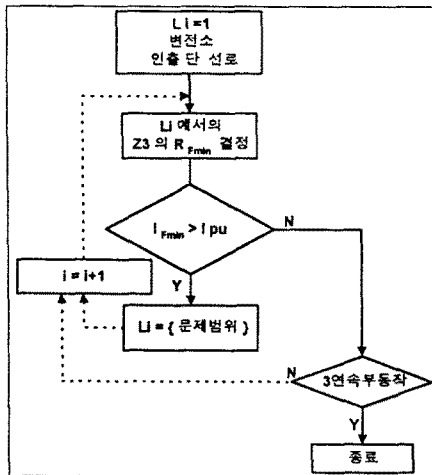


그림 3 DOCGR-Zone3 문제지역 파악 알고리즘

## 2.2 HIFR 적용방안

고저항지락 문제범위내의 선로에 HIFR을 적용할 경우 보호계전의 기본원칙 - 속도, 선택성, 감도 - 이 지켜져야함은 물론이고 기존계전기의 보호능력의 저하가 있어서는 안된다. 그러나 전류의 크기로 동작하는 HIFR은 기존 거리계전기와 중복된 동작영역을 갖게되며, 같은 크기의 사고전류를 갖는 보호구간 안과 밖의 사고에 대하여는 그 판별이 불가능하므로 이에대한 대책방안이 필요하다. [1][2]

본 연구에서는 이를 위하여 HIFR의 동작을 그림 4와같이 not(Zone-3) 와 AND 조건으로함으로써 거리계전기가 사고를 감지할수 없는 고저항 지락사고의 경우에만 HIFR에 의한 차단기트립이 이루어지도록 하고 저저항지락사고에 대하여는 기존의 거리계전기에 의한 차단기트립이 이루어지도록하였다.

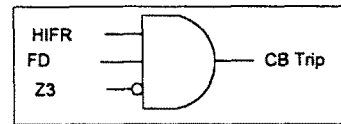


그림 4 HIFR 동작조건

HIFR의 적용에 있어서도 주-후비개념을 도입하여 보호의 신뢰도를 높이는 것이 바람직하다. 이 경우 보호구간의 구별이 요구되나 고저항 사고시 전류크기로서 구간의 식별은 불가능하다. 따라서 자기보호구간 고장검출요소(FD)로서 리액턴스계전기를 AND 조건으로 부가하여 고장구간의 선택성을 갖도록 하였다. 각 계전기들의 동작치 결정에 있어서는 FD 인 경우 HIFR의 동작에 후비기능을 부여하여 전방향 최장선로의 125%로 정정하는 것이 바람직하며, HIFR은 평상시 선로 최대 불평형전류의 120% - 150% 또는 선로허용전류의 약 10%가량으로 고려되어야 하며 이 한도내에서 67GH보다 최대한 높은 감도를 갖도록 한다.

후비보호기능을 위하여는 전단 HIFR 과의 동작시간협조가 요구되나 거리계전기와는 협조가 필요가 없다. 따라서 문제범위 말단선로 HIFR을 40 cycle로 하여 변전소단으로 올라가며 20-30 cycle의 협조시간차를 두는 것이 바람직하다.

그러나 변전소 인출선로의 HIFR은 해당선로 R\_Fmin을 갖는 근단 고저항지락사고시 67GH와 최소 20 cycle의 시간협조를 확보하도록 하여야 한다. 그림 5에 시간협조의 예를 보여주고 있다.

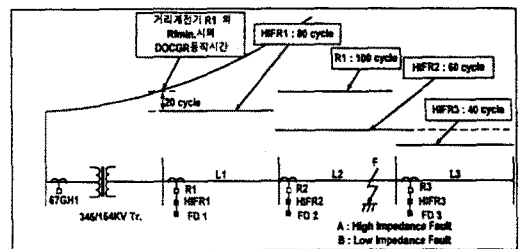


그림 5 DOCGR-Zone3 문제지역에서의 계전기간 동작시간협조

## 2.3 고저항 문제범위 파악에

그림 6와 같은 154 kV 계통을 대상으로 문제범위를 파악하여 보았으며 그 결과는 표 2와 같다. 여기서 345 kV 변전소에는 4개의 Bank가 있으며 각각 67GH가 후비보호를 담당하고 있다. 선로후비보호에는 모타입 거리계전기를 적용한다고 가정하였으며 고장전류계산은 PSS/E를 사용하였다.

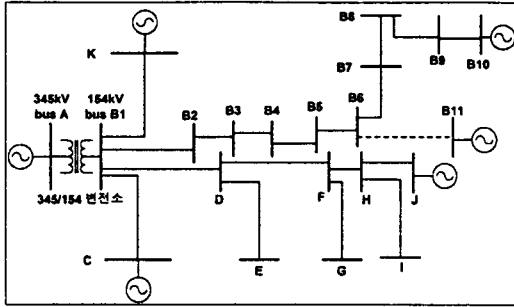


그림 6 모의 실험 대상 계통

거리계전기의 정정에 있어서는 걸보기계수는 고려하지 않았으며 한전의 선로데이터 및 계전기 정정규칙을 이용하였다. 모의에 사용한 67GH의 정정치는 다음과 같다.

표1 실험에 사용된 변압기 67GH의 정정치(p.u)

Tr.#1	Tr.#2	Tr.#3	Tr.#4
3.095	2.918	4.371	2.804

계통 모의 실험을 통하여 선로별  $R_{Fmin}(\%R)$ 에서의 1선지락시 각각의 67GH 가 보는 사고전류값  $I_{Fmax}$  (p.u)는 표 2 와 같으며 67GH 의 정정치와 비교하여 볼 때 고저항 지락사고시 변압기 후비보호용 67GH 가 미치는 문제범위는 변전소로부터 5 단 정도임을 알 수 있다.

표 2 각 선로에서의 고장전류값(p.u)

선로	$R_{Fmin}$	#1Tr.	#2Tr.	#3Tr.	#4Tr.	비고
B1-B2	0.7200	7.165	6.765	10.12	6.491	문제 지역
B2-B3	1.0543	5.240	4.947	7.609	4.732	문제 지역
B3-B4	1.2519	4.385	4.141	6.409	3.957	문제 지역
B4-B5	1.3098	3.992	3.771	5.882	3.599	문제 지역
B5-B6	1.5061	3.470	3.279	5.134	3.127	문제 지역
B6-B7	1.7903	2.672	2.527	4.028	2.402	
B7-B8	1.6100	1.036	0.984	1.718	0.921	
B8-B9	1.4833	1.053	1.000	1.751	0.935	
B9-B10	0.6694	1.463	1.390	2.440	1.298	

얻어진 결과치와 제안된 HIFR 의 동작시간을 고려하여 문제지역에 HIFR을 설치한 예를 나타내면

그림 7과 같다.

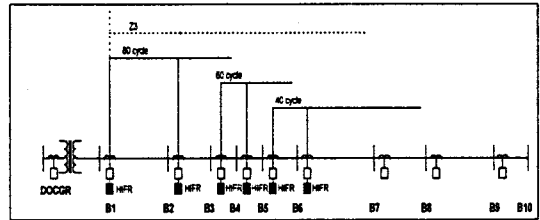


그림 7 문제지역에서의 HIFR 설치예

### 3. 결 론

본 논문에서는 고저항지락사고에 대한 대책으로 방향지락과전류계전기(HIFR)를 DOCGR과 Zone-3 간의 감도비협조 문제지역에 선택적으로 설치하는 방안을 제시하였으며 이들의 동작조건, 감도, 시간 협조등 적용방안에 대하여 소개하였다.

제시된 방안은 문제지역에 대하여 방향지락과전류계전기, 기존 Zone-3 거리계전기, 리액턴스타입 거리계전기(FD)를 조합하여 기존 계전방식의 보호기능을 유지하면서 고저항 지락사고 검출 능력을 높일 수 있는 보호방안이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] J.L. Blackburn, "Protective Relaying - Principles and Applications", Marcel Dekker, 1987.
- [2] W.A.Elmore, "Protective Relaying Theory and Applications", Marcel Dekker, 1994.
- [3] " Power System Protection Vol.2 : Principles and Components", Edited by Electricity Training Association
- [4] Seung Jae Lee, Seong Il Lim, Chen-Ching Liu, "Intelligent Protection Coordination of Distance Relaying", 대한전기학회지 Vol. 45. No.5, pp.640-645, 1996. 5.
- [5] 이승재, 임중윤, 이종범, 김철환, 김영한, 김일동, 한경남, "송전계통 고저항지락사고 보호를 위한 지락과전류계전기 적용방안", 대한전기학회지 1996년도 추계학술대회 논문집, pp.127-129, 1996. 11.