

# 송전계통 고저항지락사고 보호를 위한 지락과전류계전기 적용방안

이승재, 임종윤, 이종범, 김철환, 김영한, 김일동, 한경남  
 명지대학교, 원광대학교, 성균관대학교, 한전 전력연구원

## The application of Overcurrent Ground Relay(OCGR) for High Impedance Fault Protection in Transmission Systems

Seung-Jae Lee, Jong-Yun Lim, Jong-Bum Lee, Chul-Hwan Kim, Young-Han kim, Il-Dong Kim, Kwoung-Nam Han  
 Myong-Ji Univ., Wonkang Univ., Sungkyunkwan Univ., KEPRI

**Abstract** :고저항지락사고시 선로의 지락후비보호용인 지락거리계전기및 변압기 후비보호용 방향지락과전류계전기의 비협조 문제로 인하여 광범위한 정전이 유발될수 있다. 본 논문에서는 이에 대한 대책으로 고저항지락보호용 과전류계전기의 도입과 적용방안에 대하여 제안한다.

OCGR 설치대상 선로의 파악은 거리계전기 Zone-3 문제지의 파악과 변압기후비보호용 DOCCR과 거리계전기의 비협조문제 가 있는 DOCCR-Zone-3 문제지의 파악을 통하여 이루어지며 각각의 경우에서 있어서의 문제지역의 파악과 OCGR의 설정방법 및 동작시간협조등에 대한 기본 방안은 다음과 같다.

### 1. 서론

현 보호계통에서는 지락사고에 대한 후비보호로서 선로보호에는 지락거리계전기를, 변압기보호에는 방향지락과전류계전기를 적용하고 있다. 그러나 이러한 보호시스템은 고저항 지락사고시에 후비보호용 지락거리계전기가 사고를 감지하지 못함으로써 후단의 Over-reach 하는 지락거리계전기 Zone-3 가 동작하거나 변압기 후비보호용인 방향지락과전류계전기 (DOCCR) 가 동작하여 광범위 정전이 발생하는 위험성을 갖고 있다. 따라서 기존의 시스템의 최소 보안을 통한 시간적 경제적 측면에서 현실성 있는 고저항 지락사고 대책이 강력히 요구되고 있다.

고저항 지락사고시의 광범위 정전의 발생은 근본적으로 거리계전기의 한계 특히 ZONE-3 거리계전기) 로 인한 현상임에 주목하여 본 연구에서는 이를 극복하기 위하여 거리계전기와는 다른 검출원리를 가진 고저항지락보호용 과전류계전기를 도입하는 방안을 제시한다.

고저항지락사고시에는 사고전류의 크기는 고장점위치에는 별 영향을 받지않고 고장점임피던스에 의하여 결정된다고 할 수 있으며, 같은 고장점 저항 (고저항) 을 가정할 때 계전기 설치점과 선로 말단에서의 지락고장전류 (즉 close-in fault, far-bus fault) 는 큰 차이가 나지 않고, 송전계통은 지락고장시 양방향으로부터 고장 전류가 유입되므로 방향성을 갖는 정한시 특성의 과전류계전기를 도입하였다.

### 2. 고저항지락보호용 계전기(OCGR)선택적 설치방안

본 방안의 핵심은 계통에 설치된 지락사고 후비보호 계전기의 비협조 상태의 심각도를 파악하여 고저항지락사고의 위험이 상대적으로 높은 선로를 추정하여 이들 선로에 선택적으로 OCGR을 설치하는 것이다.

### 2.1 Zone-3 문제 지역

선로 지락사고 보호용 거리계전기의 Zone-3 가 인접한 장거리 선로로 인하여 매우 크게 정정되어 그 보호범위가 전방향 단거리선로의 Zone-3 보호범위를 크게 넘어가는 경우 단거리 선로상의 고저항지락시 전단의 거리계전기는 고장점의 고저항으로 인하여 고장을 보지 못하나 고저항사고 보호범위가 넓은 후단의 Zone-3 는 고장을 감지하여 동작하여 광범위한 정전을 유발하게 된다. (그림 1 & 2 ) 따라서 이와같은 광범위 정전의 위험성이 높은 지역을 파악하여 Zone-3 보다 동작시간이 빠르게 설정된 고저항 지락보호용 과전류계전기를 설치하여 광범위 정전을 방지할 수 있다.

Zone-3 문제지역은 Zone-3 가 전방향 선로에 설치된 Zone-3 보호범위를 완전히 Over-Reach 하는 거리계전기를 찾아내어 이 계전기 zone-3 후비보호 범위내의 모든 선로들로 구성되나 보호범위의 마지막 선로는 제외한다. 예를 들어 그림 3에서 보듯이 계전기 R1, R2 의 Zone-3 범위를 완전히 넘어가는 Zone-3 보호범위를 갖는 계전기 Rb는 광범위 정전유발의 위험성이 있는 계전기로서 문제지역은 이의 보호범위 마지막 선로 L5 의 전단선로인 L4 까지 즉 L2, L3, L4 들로 구성되며 이들 선로에 OCGR을 설치하게 된다.

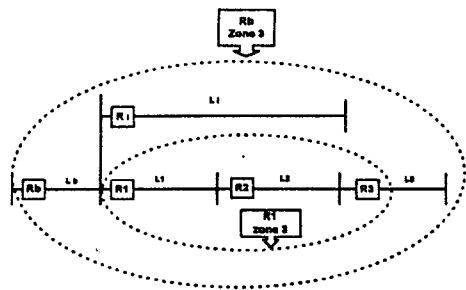


그림 1. 장거리 선로로 인한 zone-3 정정범위

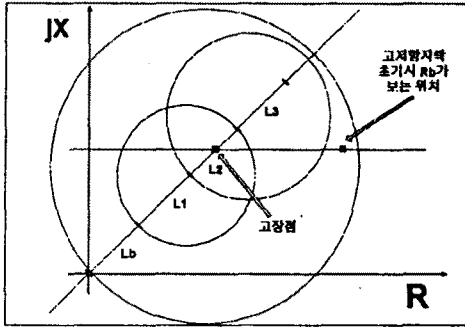


그림 2 거리계전기 Zone-3 비협조

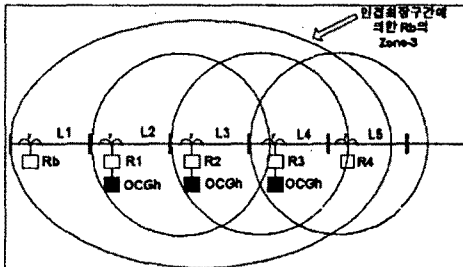


그림 3 거리계전기 비협조지역에서의 OCGh 설치지역

### 2.1.1 감도의 고려사항

고저항지역보호용 과전류계전기 (OCG)는 매우 큰 고장점 저항시에도 고장을 감지할 수 있도록 그 감도가 높은 것이 요구되나 부하전류의 순간 불평형으로 인한 영상전류에는 오동작하지 않아야 하기 때문에 OCG의 동작정치는 정상시 선로에 흐를 수 있는 최대 불평형전류의 120%-150%이상으로 결정하는 것이 바람직하다.

### 2.1.2 동작시간협조 고려사항

문제지역내에 설치되는 OCG는 광범위 Over-reach 문제를 갖는 거리계전기의 Zone-2 보다는 높고 Zone-3 보다는 빠르게 동작하여야 하므로 최소협조시간 (약 20 cycle)를 고려하여 44 cycle에서 80 cycle 사이로 정정할 수 있다. OCG의 설치목적은 고저항지락사고 후단의 광범위 Over-reach 거리계전기의 Zone-3 동작을 방지하고자 함이나 결과적으로 문제지역내의 거리계전기의 Zone-3 보호범위안에서 발생하는 지락사고에 대하여 원래 후비 보호동작책임이 있는 Zone-3에 앞서서 동작함으로써 Zone-3의 기능을 정지시키는 문제가 있다. 그러나 이는 OCG의 동작신뢰도가 높을 경우에는 문제가 없을 것이며 미국의 경우 지락고장보호에 지락과전류계전기를 적용한다는 점에서 OCG의 신뢰도는 충분히 높을 것으로 시료된다. 그러나 이러한 점을 감안하여 OCG 동작시간은 Zone-3의 동작시간에 최대한 가깝도록 일괄적으로 80 cycle 정한시 특성을 갖도록 함이 바람직 할 것으로 시료된다. 그러나 OCG를 zone-3 동작시간 100 cycle로 정정하고 광범위 over-reach 거리계전기 zone-3을 120 cycle로 높이는 방안을 고려할수 있으며 이 경우 문제지역내의 모든 zone-3 기능을 그대로 유지할수 있다.

## 2.2 DOCGR-Zone-3 문제지역

선로상의 고저항지락사고 고장점의 고저항으로 인하여 선로보호용 지락거리계전기는 사고를 인지하지 못하고 변압기후비보호용 방향지락과전류계전기가 고장을 인지하여 동작할 수 있는 범위 (DOCGR-Zone-3 문제지역이라 정의함)를 파악하여 이 범위내의 선로에 DOCGR 보다 동작시간이 빠른 고저항지락 보호용 과전류계전기를 설치함으로써 이를 방지할 수 있다.

DOCGR-Zone-3 문제지역은 변압기 인접 첫번째선로를 포함하여 다른 선로들은 아래와 같은 순서에 의하여 결정할 수 있다. 여기서 n은 그림 4에서 보듯이 변압기로부터 1번째 선로를 나타낸다.

Step 1:  $n = 2$

Step 2: 선로 n에서 거리계전기가 감지할 수 있는 최소 고장점 저항 ( $R_{min}$ )을 결정한다. 이는 임피던스도상에서 선로 n에 설치된 거리계전기의 Zone-3 보호범위의 인접한 후방향선로 n-1에 설치된 후비보호거리계전기의 Zone-3 보호범위의 합집합 범위중 선로 n 구간에 있어서의 최소 고장저항점 즉 보호범위 경계선상의 최소저항점으로 구해질수 있다.

Step 3: 선로 n의 시작단에서 최소고장점저항 ( $R_{min}$ )을 고려한 고장시 변압기에 흐르는 고장전류를 구하여 이 전류에 대하여 변압기 보호계전기 DOCGR이 동작하는가를 검토한다.

Step 4: 만약 DOCGR이 동작하면 n를 문제지역에 포함시키고 n+1 증가시켜 Step 2로 간다. 즉 다음선로에 대하여 같은 과정을 되풀이한다. 만약 DOCGR이 동작하지 않는 선로가 3개이상 연속될 경우 또는 zone-3광범위 over-reach 문제지역내의 선로를 만나는 경우 실행을 미친다. (그림 5)

Step 2에서의 최소 고장점 저항이라함은 선로구간내에서 일어나는 저항지락사고시 선로에 설치된 거리계전기가 인식하지 못할 가능성이 있는 최소저항을 의미한다. 그림 6에 거리계전기 R1과 R2의 Zone-3가 협조를 이루는 경우와 비협조의 경우 각각에 대하여 L2선로에서의 최소고장점 저항을 보인다.

Step 3에서  $R_{min}$ 을 고려한 고장전류에 대하여 DOCGR이 동작하지 않는 경우는 후비보호용 거리계전기가 보지 못하는 선로 n 상의 어떠한 고저항지락사고에 대해서도 DOCGR이 동작하지 못함을 나타내어  $R_{min}$ 보다 작은 고장에 대하여는 거리계전기가 보호를 함을 나타낸다. Step 4에서의 종료조건인 3연속 DOCGR 부동작 조건은 이 선로 이후의 고저항사고에 대하여는 DOCGR이 동작하지 않음을 나타내므로 DOCGR-Zone-3 문제지역은 이 선로의 전단까지로 정의된다.

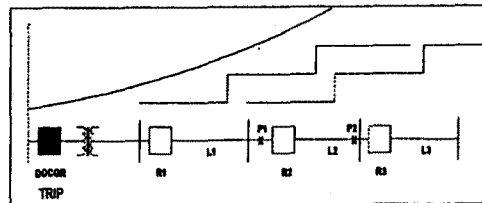


그림 4 선로 고저항 지락사고로 인한 DOCGR오동작

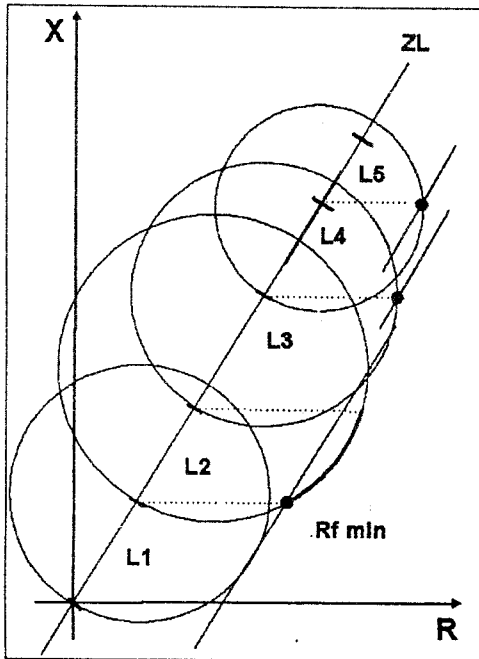
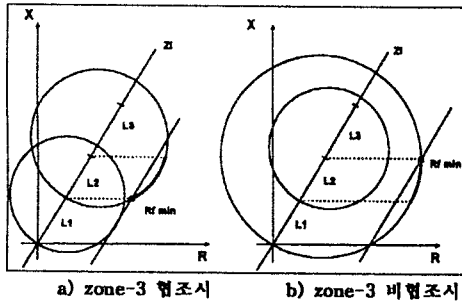


그림 5. DOGR 부동작 선로의 검색



a) zone-3 협조시      b) zone-3 비협조시

그림 6 선로 L2고장시의 최소고장점 저항 결정

### 2.2.1 감도 고려사항

DOGR-Zone-3 문제지역내에 설치되는 고저항 지락보호용 과전류계전기 (OCG)의 정정치는 앞서의 마찬가지로 평상시 선로에 흐를 수 있는 최대 불평형전류의 120%-150%이상으로 결정되어야하며 345/154 KV 변압기모선에 연결된 154 KV 선로에 설치되는 OCG의 경우 그 감도가 DOGR 보다 높거나 적어도 같아야한다.

### 2.2.2 동작시간협조 고려사항

지락사고시 후비보호의 책임은 원칙적으로 지락거리계전기 Zone-3 에 있으므로 설치할 고저항지락보호용 과전류계전기는 Zone-3 동작시간 보다 늦게나 늦는 것이 바람직하다. 따라서

OCG<sub>n</sub>는 Zone-3 의 20 cycle (0.33 초) 협조시간을 고려하거나 같은 동작시간을 설정하여 일괄적으로 100 - 120 cycle 정한시 특성을 갖도록 한다.

345/154 KV 변압기모선에 연결된 154 KV 선로에 설치되는 고저항지락보호용 과전류계전기는 변압기 후비보호용 방향지락과 전류계전기 (DOGR) 와 동작협조를 이루어야한다. OCG<sub>n</sub>의 설치 목적은 선로의 고저항지락사고시 후단의 변압기보호 DOGR의 동작을 방지하고자 힘으므로 DOGR 보다 동작시간이 빨리야하며 문제지역내의 선로보호 거리계전기간의 협조는 무시하여도 문제가 없을 것으로 시료된다. 따라서 OCG<sub>n</sub>의 감도가 DOGR 보다 높거나 적어도 같아야하며 선로상의 근단 완전지락사고시 DOGR은 OCG<sub>n</sub> 동작보다 협조시간 (최소 20 cycle) 이상 늦게 즉 120 - 140 cycle 에 동작하여야 한다. DOGR은 또한 변압기 내부사고에 대하여 매우 빠른 동작시간이 요구되기 때문에 초반한 시 특성의 계전기가 필요하게 되며 이는 실용상의 큰 제한요소가 될 수 있다. 이에 대한 다른 방편으로서 선로측의 지락사고에 대한 후비는 선로측의 지락거리계전기 및 고저항 지락사고 보호용 과전류계전기 (OCG)로 제한하고, 변압기 후비보호용 DOGR의 역할을 변압기사고에만 제한하는 방안을 생각할 수 있다. 즉 DOGR을 선로측 지락사고에는 용동을 하지 못하게하고 변압기 내부 지락사고에 대하여만 옹동하도록 감도를 낮추는 방안이다.

## 3. 결론

본 논문에서는 고저항지락사고에 대한 대책으로 과전류계전기의 적용에 대하여 소개하였다. 제시된 방안은 계통상황의 변화에 따라 과전류계전기의 정정치 수정이 요구되는 점과 단상 혹은 다상 장애로서 오동작 가능성 등의 실용적 제한점을 갖고 있으나 앞으로 이는 적용보호계전방식의 도입으로 해결할 수 있을 것으로 시료된다.

## 참고 문헌

- [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.