

고신뢰성의 HYBRID PILOT SCHEME 연구

정병태, 이재규, 정창호, 윤남선, 안복신
(LG산업 전력연구소)

Study on a reliable hybrid pilot scheme

Byung-Tae Jung*, Jae-Gyu Lee, Chang-Ho Jung, Bok-Shin Ahn
(LG Industrial Systems Co., Ltd.)

Abstract - Pilot Scheme은 거리계전방식과 전류차동계전방식의 단점을 보완할 수 있는 방식으로, 자기보호구간에 대해 전 구간을 빠르고 신뢰성있게 보호한다. 본 논문에서는 여러 가지 Pilot Scheme의 특성을 비교 분석하고, Weak Infeed, 전류반전, 통신 에러 등에 대한 효과적인 대책을 갖춘 새로운 Hybrid Scheme을 제안하고, EMTDC에서 얻은 고장데이터를 바탕으로 Digital Logic Simulation을 통하여 Logic을 검증하였다.

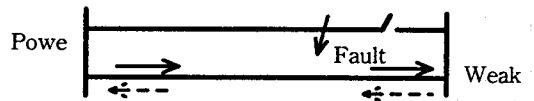
검출이 어려운 문제를 가진다.

2.2.2 병행 2회선 선로에서의 전류반전

병행 2회선 선로의 한선로에 고장이 발생한 경우, 선로 양단의 차단기의 차단시간이 다르면 다른 회선의 고장전류의 흐름이 바뀌게 된다.이 때문에 건전 회선에 설치된 계전기가 자기 보호 방향의 고장으로 잘못 판단하여 트립을 허용하는 오동작이 일어날 수 있다.

1. 서 론

송전선로의 보호에서 거리계전알고리즘은 저가의 효과적인 보호방식이다. 그러나, 거리계전방식의 보호는 자기보호구간의 말단고장에 대해서는 Zone1으로 보호하지 못하고 협조지연후에 Zone2로 보호해야만 하는 약점을 가지고 있다. 이의 해결책으로는 전송전류 차동계전방식이 가장 이상적이나, 고가이며 선로의 길이가 길수록 비용이 증가한다. 또한 중부하로 인한 변압기 포화, 선로 충전전류, 케이블내의 전압강하 등의 여러 가지 오차 요인이 존재하여 단거리 선로에 주로 이용된다 [1]. 선로의 자기보호구간을 100%보호할 수 있고, 또한 저가인 방식으로 제안된 것이 Pilot Scheme이며 거리계전방식과 상호보완적으로 사용된다.



→ 개로 전 --> 개로 후

그림. 1 고장전류 반전 현상

2. Pilot Scheme

2.1 개요

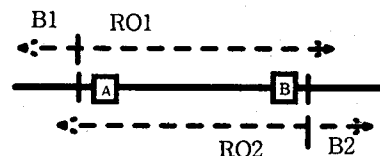
거리계전방식에서 계전기의 Zone1구간은 자기보호구간의 약85%정도로 설정되며, 이 구간내의 고장에 대해서는 시지연없이 트립된다. 나머지 약15%정도의 구간의 고장에 대해서는 Zone2구간으로 협조지연 후에 트립되고, 상대단 계전기는 Zone1으로 시지연없이 트립된다. Pilot Scheme에서는 상대단 계전기의 정보를 이용하여 시지연을 갖는 Zone2요소보다 빨리 트립을 내는 방식이다. 이 때 상대단 계전기에서 보내는 정보는 주로 고장점의 방향에 관한 정보이다. 이 고장방향 정보와 자기단의 고장검출요소와 조합하면 고장점이 자기보호구간 내인지 아닌지를 빠르게 판단할 수 있다. 정보의 전송을 위해 전력선(Power Line Carrier), Microwave, Pilot wire, Optical Fiber 등이 이용되나 국내에서는 Optical Fiber가 주로 이용된다.

2.3. Pilot Scheme의 종류

현재까지 개발된 Pilot Scheme으로는 Directional Comparison Blocking, Directional Comparison Unblocking, Underreaching Transfer Trip, Permissive Overreaching Transfer Trip, Permissive Underreaching Transfer Trip, Phase Comparison 등이 있으나[1,2], 이 중에서 주로 Directional Comparison Blocking, Permissive Underreaching Transfer Trip이 많이 이용된다 [3,4].

2.3.1 Directional Comparison Blocking

그림 2. Directional Comparison Blocking Scheme



A단의 계전기 RO1은 A단의 앞방향 고장검출시 트립 저지신호(block신호) 전송을 막는 역할을 하며, B1은 A단의 뒷방향 고장검출시 B단계전기에 트립저지신호(block신호)를 보내게 된다. RO1의 reach는 B단을 지나고 B단의 B2설정정보는 짧게 설정한다. B단에서는 RO2가 고장을 검출하고, A단에서 block신호가 보내지지 않은 경우에 트립을 허용한다. RO요소로는 거리계전요소중 Zone2요소가 이용되며, B요소로는 거리계전요소중 Zone4가 이용된다.

이 방식에서는 통신채널로 PLC가 주로 이용되고, 통신 채널에는 고장시에만 block신호가 전송되므로 상시 이상

2.2. 선정시 고려해야할 문제

2.2.1 Weak Infeed의 경우

Weak Infeed에 설치된 계전기는 고장시 계전기에 유입되는 고장전류의 양이 적어 고장전류를 이용한 고장

유무 감시가 어렵다. 또한 전송도중에 block신호가 약해지거나 없다면 불필요한 트립 우려가 있다.

2.3.1 Permissive Underreaching Transfer Trip (PUTT)

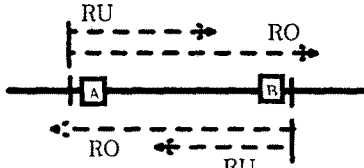


그림 3. PUTT Scheme

A단에서의 앞방향 고장검출은 Underreaching Function, RU와 Overreaching Function, RO에 의해 이루어진다. RU로는 거리계전요소중 Zone1이 이용되고, RO로는 Zone2 또는 Zone3요소가 이용된다. RU에 의해 고장이 검출되면 협조지연없이 즉각 트립이 허용되고, 상대단(B단) 계전기에 트립신호를 전송하나, RO요소만으로 고장이 검출되면 상대단(B단)으로부터 트립신호가 있는 경우에만 트립이 허용된다. 통신방식으로 주파수천이(Frequency Shift)방식이 사용되어, 평시에는 통신채널에 GUARD신호가 보내져 이상유무확인과 보호구간 내에 고장발생이 없음을 알린다. 그러나 고장이 검출되면 다른 주파수대역의 신호가 통신채널을 통해 전달되어 트립을 허용하는 조건으로 이용된다. 이 방식에서는 RO요소가 한시거리계전방식의 Backup relay로도 사용될 수 있고, 상대단으로의 트립신호 전송이 Underreaching Function에 의해 이루어지므로 전류반전대책이 필요없다. 그러나, 자기보호구간 말단의 고장으로 RU요소로 검출되지 못하는 고장은 통신채널이 오동작하여 트립신호가 전송되지 못하면 트립허용이 이루어지지 않는 맹점도 가진다. 또한 상대단이 Weak Infeed로 고장검출이 잘 이루어지지 않는 경우에도 부동작할 수 있다.

3. Hybrid Scheme

3.1 개요

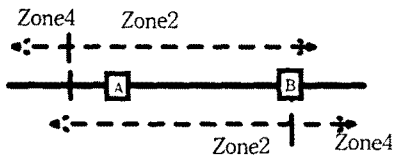


그림 4. Hybrid Scheme의 구성

각 계전기에서 자기단 앞방향의 고장은 Zone2요소로 검출하고, 뒷방향의 고장은 Zone4요소로 검출하게 하였다. 평시에 또는 Zone4에 의한 고장 검출 시에는 통신채널에 block신호를 보내고, Zone2에 의한 고장 검출 시에는 다른 주파수 대역의 신호로 바꾸어 Unblock신호를 상대단에 보내게 한다. 최종적인 트립허용은 자단의 Zone2가 동작하고, 상대단으로부터 block신호가 없는 경우에 이루어진다. 이로써 평시의 통신채널 감시가 용이하게 하며, 또한 고장시 고장으로 인해 상대단으로부터 전송되는 신호가 약해지거나 없어져도 트립이 이루어질 수 있게되었다.

3.2 Weak Infeed 대책

Weak Infeed의 경우에는 Zone2나 Zone4가 동작하지 않는 경우이므로 저전압요소를 사용하여 고장을 검출하게 하였다.



그림 5. Weak Infeed 대책

3.3 병행 2회선에서의 전류반전 대책

전류반전 시, 상대단 계전기의 Zone4요소가 동작하여 상대단으로부터 block신호가 올 때까지 트립허용을 억제하여 해결할 수 있다. 즉, Zone4요소가 동작한 직후에 Zone2요소가 동작하면 전류반전으로 인식하고 이때 Zone4요소에 의한 Unblock Send저지가 계속 유지되도록 Off-Delay 요소를 추가하여 해결하였다. Off-Delay의 설정은 상대단의 Zone4요소가 동작하고, 상대단의 block신호가 전송되는데 필요한 시간에 여유분을 두어 정하였다.

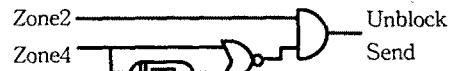


그림 6. 전류반전 대책

3.4 통신 에러에 대한 대책

통신 채널의 이상으로 block신호와 unblock신호가 감지되지 않는 경우에도 고장제거가 이루어져야 한다. 제안하는 Scheme에서는 일정시간 동안 두 신호가 감지되지 않으면 Unblock신호를 받은 것으로 하고, 이 때 Zone2요소가 동작하면 트립을 허용하게 하였다.

3.5 Logic Diagram

제안된 새로운 Hybrid Scheme의 전체 Logic Diagram은 그림. 7과 같다.

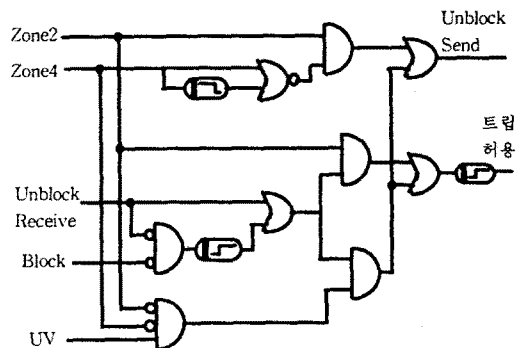


그림 7. Logic Diagram

4. 사례연구

제안된 Hybrid Scheme을 검증하기 위하여 다음과 같은 병행2회선 송전선로를 구성하여, EMTDC에서 고장데이터를 얻었다. 그림 8에 EMTDC에 구축된 시험 계통의 선로 데이터와 전원 데이터를 표시하였다.

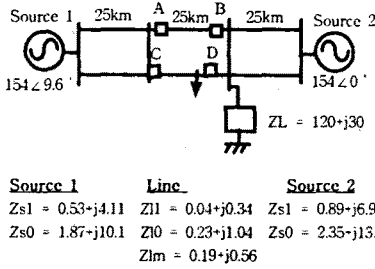


그림 8. 시험 계통

시험 계통에서 Source 2 쪽이 Weak Infeed가 되며, 정상상태에서 전력은 Source 1에서 Source 2쪽으로 흐르게 된다. 고장은 C계전기단과 D계전기단 사이에서 1선지락을 발생시키고, 각 계전요소의 동작은 별도의 고장계산 알고리즘을 통하여 얻었다. 즉, Zone2, Zone4, UV등은 개발된 변전소 종합보호제어 시스템의 고장계산 알고리즘을 이용하여 동작여부를 얻고, 얻어진 계전요소를 Digital Logic Simulation Package에서 구현된 Hybrid Scheme의 입력요소로 사용하였다. 고장 발생 후, D단의 차단기가 개방되고, C단의 차단기는 시차를 두어 개방하는 모의를 하였다. 통신채널에서의 신호 지연시간을 25ms로 가정하고, 7ms, 25ms, 35ms의 시차를 두고, D단의 차단기를 개방하여 전류반전 대책을 시험하였다. 또한 D단의 차단기 개방 후, 25ms내에 1선지락이 A와 B단사이의 선로에 발생하는 경우도 시험하였다. 이 결과를 표로 정리하면 다음과 같다.

표.1 전류반전 시험 결과

7지연	25ms지연	35ms지연	1선지락 (AB구간 내)
정동작	정동작	정동작	부동작

AB구간 내의 고장에 대한 부동작은 Off Delay요소의 복귀시간 내에 고장이 발생한 경우로 이 경우에는 Off Delay요소가 복귀된 후, 고장이 제거되었다.

또한 Weak Infeed대책에 대한 시험은 UV의 설정치를 정하는 문제가 되며, 설정치를 정하기 위하여 CD구간 내의 고장과 C단 전의 고장, 즉, Source 1과 C단 사이의 고장을 구분할 수 있는 값으로 설정하면 Weak Infeed에서도 UV요소의 오동작을 막을 수 있었다.

4. 결론

Pilot Scheme은 거리계전방식에서 자기보호구간을 100% 보호하지 못하는 단점을 보완하고, 전류차동계전 방식보다 저가로 구성할 수 있는 보호방식이다.

Blocking Scheme은 통신에러에 약한 단점을 가지고 있고, PUTT Scheme에서는 Underreaching function에 의해 고장이 감지되지 않으면 오동작할 우

려가 있다. 제안된 Hybrid Scheme은 이러한 통신채널의 이상에 대한 대책 및 Weak Infeed, 전류반전 등에 대한 효과적인 대책을 갖추도록 하였다.

또한 EMTDC에서 얻은 고장데이터를 바탕으로 Digital Logic Simulation을 통하여 제안된 logic이 안정적으로 고장을 차단할 수 있음을 보였다.

(참고 문헌)

- [1] J.L. Blackburn, Protective Relaying: Principles and Applications, 2nd edition, Marcel Dekker, Inc, 1997
- [2] S.D. rowe, "Evaluating Line Relaying Schemes in Terms of Speed, Security and Dependability", 48th Annual Conference for Protective Relay Engineers, Texas A&M University, April 3-5, 1995
- [3] TYPE MDT-F Manual, Mitsubishi Electric Corporation, 1996
- [4] REL521 User's Guide, ABB Network Partner AB, Sweden, 1996