

디지털 보호계전기의 고장점 표정에 대한 오차 분석

김호표(金浩杓) 박응주(朴應柱)
(한국전력공사) (한국전력공사)

The Analysis of the fault location measurement error by Digital Relay

Ho-Pyo Kim Eung-Ju Park
(KEPCO) (KEPCO)

Abstract - 송전선로에 고장발생시 해당선로에 취부된 디지털 보호계전기의 보조기능인 거리표정의 신뢰도를 확인하기 위하여 보호계전기 제작사, 고장종류, 계전기 TYPE별로 거리 표정결과와 실제 고장점과의 오차 등에 대하여 세부적으로 통계 분석을 실시 하였다.

1. 서 론

전력수요의 증대로 전력계통이 복잡화·대용량화 되고 전기품질향상에 대한 요구가 높아지면서 이를 충족하기 위해서는 전력계통에서 발생한 고장에 대한 정보를 이용하여 고장점을 정확하게 측정하여 신속한 고장 복구가 필요하기에 정확한 거리표정은 신속한 전력공급을 위한 중요한 운영 사항중의 하나이다. 고장발생 지점을 측정하기 위해서 보호계전기와는 별도로 거리표정 장치를 설치하여 이용하였으나 최근 디지털 보호계전기가 등장하면서 보호계전기 내부에 고장점 표정을 위한 기능이 부가되어 도입됨으로써 고장발생시 계전기에 의한 고장 발생 지점을 측정하여 활용하고 있다.

2. 본 론

2.1 전력계통 고장에 대한 거리표정 분석

고장이 발생한 지점을 정확하게 측정하는 것은 전력설비의 운영상 매우 중요한 분야이며, 고장현상이 매우 다양하여 보호계전기, 또는 별도의 장치를 이용하여 컴퓨터에 의한 정확한 계산 등을 시행하고 있으나 그 정확도가 그리 높지 않아 신뢰도를 높이기 위한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 일반적으로 고장발생지점을 정확하게 측정하는데 중요한 요소는 고장발생지점의 고장저항 및 고장당시의 선로의 양단의 전원 임피던스, 위상의 크기 및 변화에 대하여 얼마나 정확하게 계산하는 능력에 달려 있다 하겠다.

본 논문에서는 송전선로에 고장발생시 해당선로에 취부된 디지털 보호계전기에 대하여 계전기 제작사, 고장종류, 계전기 TYPE별로 거리 표정결과와 실제 고장점과의 오차 등에 대하여 세부적으로 통계 분석을 실시 하여 현재 전력계통에 설치되어 운전되고 있는 보호계전기 내부의 거리표정기능의 신뢰도에 대하여 비교적 참값에 가까운 통계분석치를 제시하여 운영자 및 개발자들에게 자료를 제공하여 신뢰도가 향상된 고장표정기능을 위한 연구에 도움이 되었으면 한다.

2.1.1 통계분석 기간 및 대상 통계분석에 사용된 디지털 보호계전기는 전력계통에 현재 적용되어 사용중인 통계분석에 사용된 디지털 보호계전기는 MXL1E(Toshiba), MDT-A2(Mitsuubishi),

MDT-F(Mitsuubishi), M-DAR(ABB), DLP(GE), KYD2X1(Xelpower), REL521(ABB), 등 거리계전기와 REL561(ABB), KYP2D1(Xelpower) 전류차동계전기 등 9종 (3건이상 고장표정을연산 수행 제품)에 대한 분석과 함께 최근에 도입되어 현장에 설치된 GRL, GRZ (Toshiba) 및 거리표정 기능이 있는 별도의 장치 FL200(Xelpower), PSDM-1632(PROCOM), TR-1620(ROCHESTER) 등을 통계, 분석하였다 통계분석을 위한 자료수집기간 및 고장건수는 1998.01.01 ~ 2002.09.30(총 4년 9개월) 사이에 발생한 915건의 154kV 이상 송전선로 고장을 통계분석 자료로 사용하여 통계분석 신뢰도를 높였다.

2.2 고장종류와 거리표정

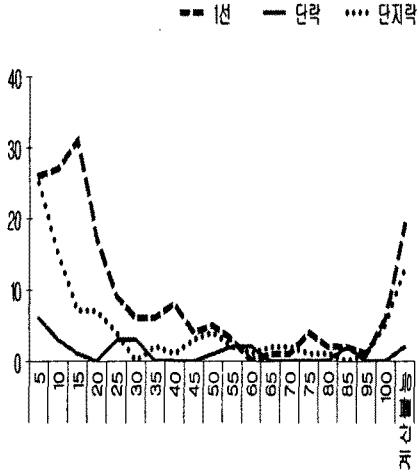
총 915건의 고장을 고장종류보면 1선지락 608건, 단지락 고장 206건, 단락고장 101건이며 1선지락고장 608건에 대한 거리표정 오차를 보면 128건이 5%이하의 오차를 가지고 있으며, 오차 5~10%내외는 87건, 오차 10~15%내외는 77건, 오차 15~20%내외는 54건으로 오차 20%이하가 총 345건으로 오차 20%이하가 고장건수의 절반을 차지하는 것으로 나타나 지락 고장 2건중 1건은 오차가 20%이하 나머지는 20%이상으로 통계분석되어 비교적 오차가 큰 것으로 나타났다. 또한 88건은 계산상의 오류(계상불능) 또는 100%이상의 오차를 나타냈다. 단락고장 101건에 대한 거리표정 오차를 보면 34건이 5%이하의 오차를 가지고 있으며, 오차 5~10%내외는 18건, 오차 10~15%내외는 6건, 오차 15~20%내외는 3건으로 오차 10%이하가 총 52건으로 오차 10%이하가 고장건수의 절반을 차지하는 것으로 나타나 지락 고장에 비해 비교적 단락고장시의 거리표정 신뢰도가 높은 것으로 나타났다. 계산상의 오류(계상불능) 또는 100%이상의 오차를 나타낸 것은 14건으로 나타났다. 단지락고장 206건에 대한 거리표정 오차를 보면 62건이 5%이하의 오차를 가지고 있으며, 오차 5~10%내외는 29건, 오차 10~15%내외는 21건, 오차 15~20%내외는 13건으로 오차 15%이하가 총 112건으로 오차 15%이하가 고장건수의 절반을 차지하는 것으로 나타나 지락 고장과 단락고장의 중간의 신뢰도를 통계상 보여주고 있다 계산상의 오류(계상불능) 또는 100%이상의 오차를 나타낸 것은 35건으로 통계분석되었다.

2.3 보호계전기별 거리표정 오차

총 거리표정 건수 915건중 MXL1E(Toshiba)이 거리표정한 사례는 총 299건이며, MDT-A2(Mitsuubishi)는 152건, MDT-F(Mitsuubishi)는 235건, M-DAR(ABB)는 65건, DLP(GE)41건, KYD2X1(Xelpower)는 50건, REL521(ABB)는 9건이며 전류차동계전기인 REL561(ABB)는 3건, KYP2D1(Xelpower)26건, 그리고 기타35건 (GRL, GRZ (Toshiba) 및 FL200(Xelpower)에 의한 거리표정) 이다.

보호계전기별 거리표정오차를 보면

총 299건의 거리표정을 기능을 수행한 송전선로 거리계 전기인 MXL1E(Toshiba)의 거리표정 신뢰도를 분석하면 다음 「그림1」와 같다.



「그림 MXL1E(Toshiba)의 거리표정오차 분포도」

299건의 거리표정 오차는 총 1선지락 178건중 26건이 5%의 오차이며, 27건은 10%이하의 오차를 보여 총 53건이 10%이하의 오차를 보였다 지락고장 178건중 전체의 30%인 53건이 10%이하였으며, 단락고장 25건중 9건이 10%의 오차를 보여 단락고장 25건중 36%가 10%이하였으며, 단지락 고장 96건중 40건이 10%의 이하의 오차를 보여 단락 96건중 41.6%인 40건이 10%의 오차를 나타내었다.

MDT-A2(Mitsuubishi)는 거리표정사례152건의 거리표정 오차는 총 1선지락 105건중 23건이 5%의 오차이며, 15건은 10%이하의 오차를 보여 총 38건이 10%이하의 오차를 보였다 지락고장 105건중 전체의 36%인 38건이 10%이하였으며, 단락고장 18건중 11건이 10%의 오차를 보여 단락고장 18건중 61%가 10%이하로 지락에 비해 비교적 높은 신뢰도를 보였다. 단지락 고장 29건중 17건이 10%의 이하의 오차를 보여 단락 29건중 58%인 17건이 10%의 오차를 나타내어 지락고장시의 거리표정보다 다소 오차가 적었다.

MDT-F(Mitsuubishi)는 235건, M-DAR(ABB)는 65건, DLP(GE)41건, KYD2X1(Xelpower)는 50건, REL521(ABB)는 9건은 다음의 「표1」, 「표2」, 「표3」, 「표4」, 「표5」와 같으며, 앞부분의 MXL1E(Toshiba) 및 MDT-A2(Mitsuubishi)와 유사한 통계분석(지락보다 단락고장의 신뢰도가 비교적 높음)이 나왔다.

이는 지락고장시의 발생된 고장저항(ARC 등) 및 영상분에 대한 보상 등이 정확하게 이루어지지 않고 있음을 의미하기도 하는 것 같다. 또한 보호계전기의 회사별로 각자의 독특한 거리표정의 알고리즘을 가지고 있어 그 특성차로 인하여 각 제작사 계전기별로 조금씩 오차의 차이가 발생하고 있는 것을 알 수 있다.

오차(%)	1선지락	단락	단지락	소계
5	46	16	11	73
10	22	11	3	36
15	19	3	5	27
20	12	1		13
25	6			6
30	8	1	1	10
35	6			6
40	1			1
45		1		1
50	4	1		5
55	3			3
60	1		1	2
65	2			2
75	5	2		7
80	1	1		2
90	3			3
95	1			1
계산불능	26	6	5	37
합계	166	43	26	235

「표1 MDT-F(MIT'S) 고장종류별 오차분석」

오차(%)	1선지락	단락	단지락	소계
5	16		1	17
10	13	1		14
15	9		1	10
20	5		1	6
25	1			1
30	4			4
35	1			1
40	1	1		2
45	1			1
55	1			1
65	2			2
계산불능	3	1	2	6
합계	357	5	65	

「표2 M-DAR(ABB) 고장종류별 오차분석」

오차(%)	1선지락	단락	단지락	소계
5	6	3	1	10
10	1			1
15	4	1		5
20	1	1		2
25	3		1	4
30	2			2
35	2		1	3
40	1			1
45	1			1
50	1			1
55	2			2
65	1			1
80	1			1
85		1		1
90	1			1
95				1
계산불능	3		1	4
합계	30	7	4	41

「표3 DLP(GE) 고장종류별 오차분석」

3. 결 론

오차(%)	1선지락	단락	단지락	소계
5	4	1	5	10
10	4		2	6
15	4			4
20	2	1		3
25	2		2	4
30			1	1
35	2		1	3
40	1			1
50	2		2	4
65	1		1	2
70	1			1
95	1			1
계산불능	5	2	3	10
합계	29	4	17	50

「표4 KYD2X1(Xelpower)고장종류별 오차분석」

오차	1선지락	단락	단지락	소계
5			2	2
10			1	1
15			1	1
20	1			1
30	1		1	2
50	1			1
90			1	1
하계	3		6	9

「표5 REL521(ABB)고장종류별 오차분석」

송전선로용 보호계전기에 고장표정기능이 없어 별도로 외부에 설치한 FL-200(XELPOWER)의 고장종류별 오차 분석은 다음과 같다.

오차(%)	1선지락	단락	단지락	소계
5	8	1	12	21
10	3		2	5
15	1		3	4
20	1		2	3
25	1			1
30	1			1
40			1	1
60			1	1
70	1			1
80	1			1
100	1			1
계산불능	1			1
합계	19	1	21	41

「표6 FL-200(XELPOWER)의 고장종류별 오차분석」

「표6」에 의하면 총 거리표정 41건중 26건이 10%이하의 거리표정 오차로 분석되었으며 거리표정 총건수의 약 절반이상이 5%의 높은 정확도를 가지고 있어 보호계전기 보호기능과 함께 사용되는 디지털 보호계전기보다 비교적 신뢰도가 높은 것으로 나타났다.

동일회사의 보호계전기의 거리표정오차는 총 50여건의 거리표정사례중 16건만이 10%이하의 오차를 보여 별도로 개발한 FL-200(거리표정장치)과 대조를 보였다.

거리표정 오차 분석 결과 현재 전력계통에 설치된 디지털 보호계전기에 의한 고장점 표정에 대한 정확도가 아직 만족스러운 수준은 아니며, 고장 복구를 위한 참고자료로서 활용할 수 있는 수준으로 분석되었다. 동일한 계전기라도 고장종류, 고장현상에 따라 고장점 표정 오차 등이 상이하였으며, 거리계전기는 정 동작하였으나 거리표정은 정정치와 상관없이 전혀 다른 지점을 표정하는 사례 등이 다수 파악되었다. 또한 송전선 고장점 거리표정을 위한 전용장치(FL-200)의 거리표정신뢰도가 보호계전기의 거리표정치 보다 높아 향후 보호계전기 거리표정 신뢰도 향상이 필요한 것으로 분석되었다.

보호계전기의 성능개선 및 고장점 표정 알고리즘 개선 등을 통하여 성능향상이 가능한 것으로 보여지며 다양한 전기적 고장현상에도 정확도를 높이기 위한 연구 등 지속적인 노력을 해야 하는 현실적 과제로 보인다.

[참 고 문 헌]

- 1998.01.01 ~ 2002.09.30 고장점 거리표정오차 현황 (한국전력공사 문서)
- "거리표정기능"에 대한 계전기(MXL1E,MDT-F,KYD2X1) 제작사 매뉴얼 [(도시바(주), 미쓰비시(주), 젤파워(주))]