

A Faulted Phase Discrimination Algorithm in Ungrounded Distribution System

李 德 洙* · 林 星 日** · 崔 勉 松*** · 李 承 宰****

(Duck-Su Lee · Seong-Il Lim · Myeon-Song Choi · Seung-Jae Lee)

Abstract - According to the use of distribution automation systems, the function to find or to search a fault phase is necessary for automatic switches in a distribution substation. In this paper, two algorithms are developed to find the fault circuit and the fault phase for the automatic switches in substation with ungrounded power system. One is the fault circuit searching method using the zero sequence voltage at the bus and zero sequence current of circuit current and the other is to find the fault phase using the line voltage and zero sequence current. The developed algorithms are tested in the case study simulations. An ungrounded power system is modeled by EMTP as a case study system. The developed algorithms are tested in the case study simulations and each shows correct results.

Key Words : Ungrounded distribution system, Fault line discrimination, Fault phase selection,

1. 서 론

비접지 방식은 선로의 공장이 짧고 전압이 낮은 계통에 사용된다. 이러한 선로에서는 대지 정전용량이 작기 때문에 충전 전류도 크지 않다. 비접지 계통의 선로에 1선 지락 고장이 발생하면 건전상의 대지 정전 용량에 의한 고장 전류가 고장점으로 유입되지만 그 크기가 매우 작아서 전력공급을 계속할 수 있다. 또한 주요 변압기가 Δ - Δ 로 결선되어 있으므로 변압기의 고장 또는 점검 수리 작업 시 V결선으로 전환해서 송전을 계속할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 비접지 계통이 확대되면 정전용량이 증가하게 되고 1선 지락 고장시 충전전류에 의한 간헐 아크 지락을 일으켜서 이상전압이 발생하게 된다. 또한 1선 지락 고장시 고장전류가 수 암페어 이하이므로 고장감지의 어려움이 있어 지락보호계전기의 확실한 동작을 기대하기 어렵다. 그리고 보호 실패 시 고장 범위의 확대와 단락고장으로 발전될 가능성이 있다.

계통에 고장이 발생하는 경우, 손쉽게 자동적으로 고장의 종류와 위치를 판별하는 장치가 없다면 계통 관리자는 고장점을 찾아내기 위하여 광범위한 송배전 선로 구간을 육안으로 확인하여야 한다. 이러한 작업은 많은 인력과 정전비용이 요구된다. 따라서 고장종류 판정과 고장점의 검출에 대한 연구는 현실적으로 그 필요성이 높다.

비접지 계통의 보호방식으로는 1회선인 경우 지락과전압계 전방식(OVGR)이 사용되고 있으며, 다회선인 경우 고장회선의 판별을 위해 모선의 영상전압과 각 회선의 영상전류를 이용한 방향지락계전방식(DGR)[1,2]이 사용되고 있다. 최근 비접지 계통 보호방법으로 네트워크 계통의 보호를 위해 방향 지락계전 방식을 응용하고 전압, 전류 측정점으로부터 고장거리를 계산하는 알고리즘[3], 기본파 전압, 전류를 이용하여 고장의 방향을 진단하는 알고리즘[4], 고저항 접지계통의 고장거리계산을 위한 고장 신호 해석[5], pulse 고장감지기를 이용하여 실제 산업계통 보호에 적용 및 고장감지에 영향을 끼치는 다양한 요소에 대한 영향을 분석[6,7] 등의 논문이 소개되고 있으며, 선택지락과전류 계전기를 이용하여 고장회선을 판단한 후에 자동화개폐기의 순차투입을 통하여 고장구간을 탐색하는 순송방식[8]이 사용되고 있다. 그러나 이들 연구는 고장회선을 결정하는데 국한되어 있어 1선 지락 고장 시 고장상을 판별하는데 어려움이 있으며, 최근 배전자동화 시스템의 도입으로 배전 변전소 및 다양한 기능을 수행하는 자동화개폐기에서 고장 상을 검출할 수 있는 알고리즘이 요구되고 있다. 또한 지중 케이블 사용의 증가로 고장 상을 판별하는 문제의 중요성은 증대되고 있다.

본 논문에서는 선택지락과전류 계전기(SGR)에 의해 모선의 영상전압과 각 회선의 영상전류를 이용하여 고장회선이 결정되면, 모선의 선간 전압과 고장회선의 영상전류를 이용하여 고장 상을 판별하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 현재 일본 배전자동화 시스템에서 적용하고 있는 고장처리 알고리즘의 특징을 기술하여 제안한 알고리즘의 필요성 및 유용성을 나타내었다. 제안한 알고리즘의 검증을 위하여 모델링한 비접지 계통을 대상으로 EMTP 고장모의를 통하여 사례연구를 수행하였다.

* 正 會 員 : P&C Tech. 研究員

** 正 會 員 : 明知大學 電氣工學科 博士課程

*** 正 會 員 : 明知大學 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2002年 9月 12日

最終完了 : 2002年 12月 10日

2. 비접지 계통 지락보호

2.1 비접지 계통의 고장현상

비접지 계통의 지락고장 시 3상 전압벡터의 변화는 그림 1과 같이 중성점이 고장 상으로 옮겨간다. 따라서 고장 후 선 전압의 변화는 없으며, 건전상의 대지전압은 고장 전에 비해 1.73배 커지게 된다.

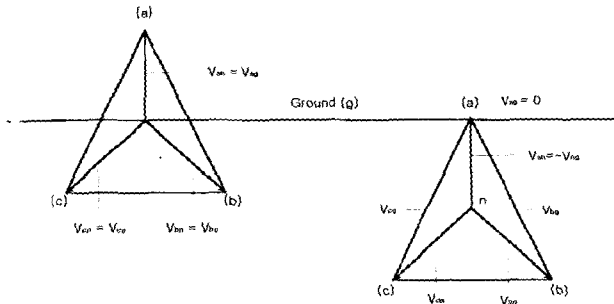


그림 1 비접지계통 지락고장시 전압벡터의 변화
Fig. 1 Voltage shift for a phase to ground fault on an ungrounded system

비접지 계통에 1선지락 시 고장전류는 대지 정전용량에 따른 충전전류에 의해서 결정된다. 그림 2와 같은 배전 계통에서 C선로에 1선 지락 고장이 발생하면 지락 전류의 분포는 그림 3과 같다.

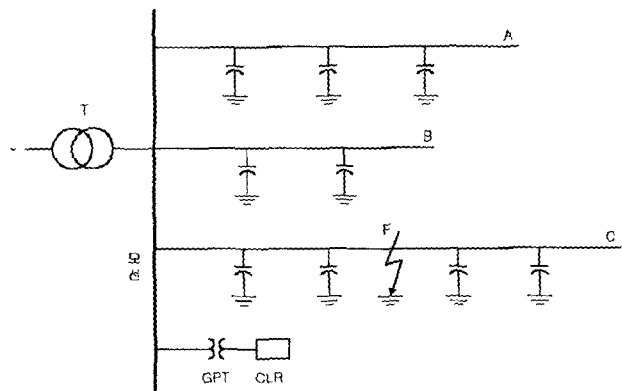


그림 2 비접지 계통
Fig. 2 Ungrounded system

곧 건전 회선 A와 B의 충전전류는 모선을 통하여 고장 점으로 흘러 들어가고 고장회선 C의 모선 측과 부하 측의 충전전류는 고장 점을 향해 흐른다. 이들 전류는 모두 충전전류이고 또한 위상도 동상이므로 합성된 전류가 고장 점으로 흐르게 되고 접지형 계기용 변압기 GPT의 중성점을 흐르는 전류 I_n 이 합성된다. 여기서 충전전류 I_{c1}, I_{c2}, I_{c3} 는 고장 시에 발생하는 영상전압(V_0)에 비해 90° 전상 전류가 되며 또 GPT로 흐르는 전류 I_n 은 V_0 에 대해서 동상이 되므로 모선에 사고회선의 고장점으로 흐르는 전체 지락전류의 위상은 GPT에서 측정되는 영상전압 V_0 에 대해서 $30\sim 80^\circ$ 정도의 전상을 갖는다.

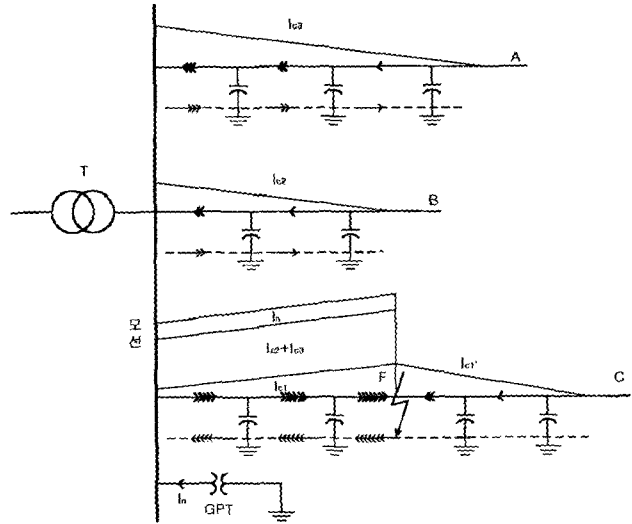


그림 3 비접지계통 지락고장시 영상전류의 분포
Fig. 3 Distribution of zero sequence current at phase to ground fault on an ungrounded system

2.2 1선 지락시 고장회선검출 알고리즘

비접지 계통의 지락보호에는 모선에서 측정되는 영상전압과 영상전류를 이용한 방향지락계전기(SGR)가 사용된다. 그림 4와 같이 지락보호에 사용되고 있는 방향지락계전기는 모선에 설치된 접지형 계기용 변압기 GPT의 삼차 전압과 각 회선에 설치된 ZCT의 이차전류로 고장회선을 판단하는 계전기이다. 즉, 1선지락고장이 발생한 회선에서 측정되는 영상전류는 GPT에서 측정되는 영상전압에 비해 $80\sim 90^\circ$ 전상 특성을 나타내지만 건전회선에서 측정되는 영상전류는 모선을 통과하여 고장점으로 흐르게 됨으로써 전류의 방향이 고장회선과는 반대가 되고 GPT에서 측정되는 영상전압에 비해 $80\sim 90^\circ$ 지상 특성을 나타낸다.

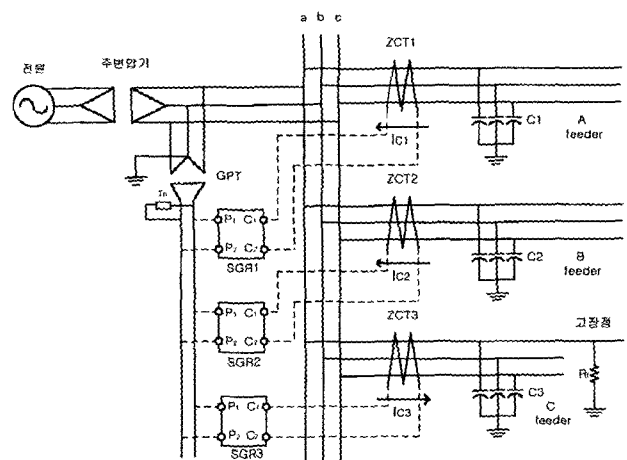


그림 4 비접지계통 지락보호
Fig. 4 Ground fault protection in ungrounded system

그림 5에 나타낸 것과 같이 고장회선에 흐르는 전류는 GPT에서 측정되는 영상전압에 대해서 진상 특성을 지니므로 사고회선의 선택성을 갖는다. 즉 고장이 발생한 회선은 다른 회선의 충전전류와 한시저항기 CLR에 의한 전류를 합성한 사고전류 I_f 가 방향지락계전기의 동작범위 내로 들어가 계전기는 동작하고 사고회선을 선택 차단한다. 한편 건전회선은 자회선의 충전전류가 고장회선에 흐르는 전류와 반대방향으로 흐르게 되므로 계전기는 부동작하게 된다. 따라서 그림 5에 나타낸 것과 같이 방향지락계전기의 고장회선 판별을 위하여 GPT에서 측정되는 영상전압의 위상에 대하여 $-60^\circ \sim +120^\circ$ 영역을 동작영역으로 정정한다.

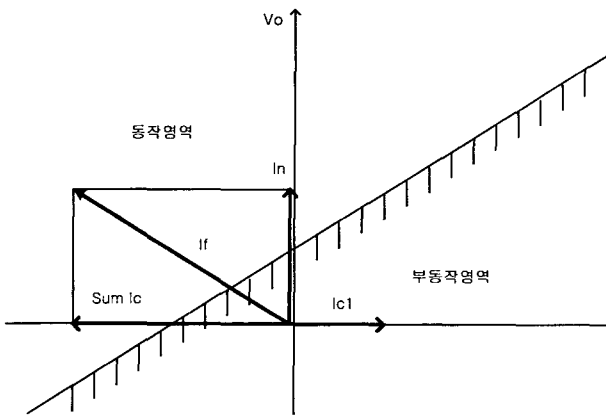


그림 5 방향지락계전기 동작영역의 정정
Fig. 5 Operating zone setting of SGR

3. 일본 DAS 고장처리 알고리즘

배전 선로에 고장이 발생하면 2.2절에서 설명한 SGR에 의해서 고장 회선을 판정한 후에 CB가 동작하여 고장난 회선의 선로가 정전된다. 일본에서는 대부분 리클로저를 사용하지 않기 때문에 선로 구간간의 정전이 필수적이다. CB가 동작하여 무전압이 되면 해당 배전선로의 모든 순송식 자동화 개폐기가 자동으로 개방된다. 일정시간 후에 CB가 재폐로하여 배전 선로를 가압시키고 순차적으로 첫 번째, 두 번째, 세 번째 순으로 자동화 개폐기가 투입된다. 고장구간의 바로 직전의 자동화 개폐기가 투입되면 영구고장 상태가 지속되고 있으므로 변전소의 CB가 다시 동작하며, 이때 고장지점 바로 앞에서 최종적으로 투입됐던 개폐기는 투입된 후 정해진 시간 이전에 다시 정전되었기 때문에 자기가 보호하는 구간에서 영구고장이 발생했음을 판단하여 Lock 된다.

고장구간 직후의 개폐기는 전원이 가압 된 후 정해진 시간 동안 가압 상태가 유지되지 못한 채 전원이 없어졌기 때문에 바로 자기 앞의 전원측에서 고장이 발생하였다고 판단하여 Lock 된다. 이후의 동작은 처음과 같이 차단기가 일정시간 후에 재투입되고 첫 번째, 두 번째 등 자동화 개폐기가 일정시간 간격으로 재투입되면서 전원측의 건전구간에는 전기가 공급되게 된다.

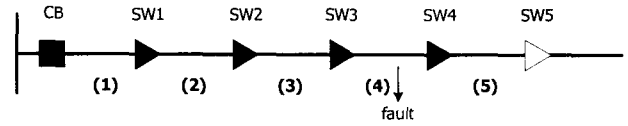


그림 6 단순 배전계통
Fig. 6 Simplified distribution system

그림 6과 같은 배전계통에서 고장이 발생한 경우의 고장처리 과정을 설명하면 표 1과 같다.

표 1 일본의 DAS 고장처리 타임차트

Table 1 Fault management time chart in japan's DAS

상 황	시 간	개폐기의 동작상황					
		CB	SW1	SW2	SW3	SW4	SW5
- 구간(4)에서 사고발생	고장감지 CB 트립	■					
	무전압 개방시간(0.7초)		■	■	■	■	■
	재폐로 시한(1분)						
- SW1 순송투입	투입시한 T1(7초)		■				
	투입시한 T1(7초)		■				
	투입시한 T1(7초)		■				
- 사고 재검출	영구고장감지 CB 재트립	■					
	무전압개방시간(0.7초)		■	■	■	■	■
	재폐로 시한(3분)						
- SW1 순송투입	투입시한 T1(7초)		■			L	L
	투입시한 T1(7초)		■			o	o
	투입시한 T1(7초)		■			c	c
- 역송 원격제어 명령	원격제어명령에 의한 투입				k	k	
	원격제어명령에 의한 투입						

위와 같은 고장처리 방식은 배전계통이 다른 선로와 연계가 가능하도록 구성은 되어있지만 대부분 Loop 운전하지 않고 항상 수지상 방식으로 운전되고 있는 우리나라 배전계통을 포함하여 모든 배전 선로에 적용이 가능하다. 그러나 일본에서 적용하고 있는 보호 방식으로는 고장회선의 판단은 가능하지만 고장 상을 판별 할 수 없다. 따라서 제안한 고장상 판별 알고리즘을 4절에서 논하였다.

4. 고장상 판별 알고리즘

영상전압과 각회선의 영상전류를 이용하여 고장회선을 결정 후, 고장회선의 선간 전압과 영상전류를 이용하여 고장상을 판별한다.

비접지 계통에서 1선지락 고장이 발생하면 고장회선을 포함한 모든 회선에서 고장상의 전위는 대지 전위와 같아지므로 고장상에는 충전전류가 없어진다. 반면에 고장이 발생하지 않은 건전상의 전위는 고장전에 비하여 $\sqrt{3}$ 배 증가되므로 충전 전류도 증가하게 되는데 그 전류 벡터를 도시하면 그림 6과 같다.

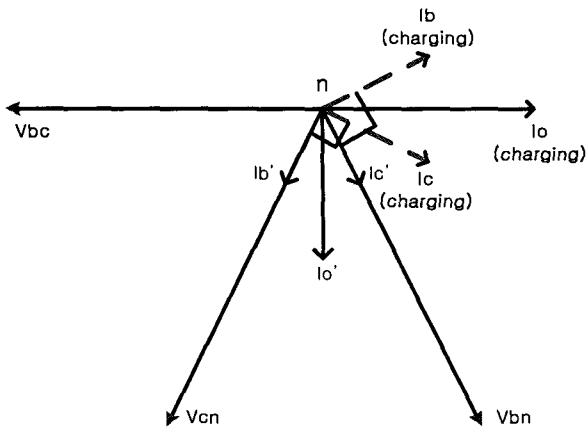


그림 7 A상지락 고장시 상전압과 영상전류 벡터도
 Fig. 7 Phase voltage and zero sequence current vector at a-phase ground fault

A상 지락고장시 그림 7에 도시한 바와 같이 B, C상의 대지간 전위는 V_{bn} , V_{cn} 이 되고, 선로와 대지간의 캐패시터 성분만을 고려할 경우 충전전류는 상 전압보다 90° 앞서므로 I_0' 가 되어서 고장회선에 흐르는 영상전류는 I_0' 과 같으며 위상은 V_{bc} 와 반대 위상을 갖게 된다. 그리고 선로의 저항성분만을 고려할 경우 충전전류는 상 전압과 동상이 됨으로 I_0'' 가 되어서 고장회선에 흐르는 영상전류는 I_0'' 과 같으며 위상은 V_{bc} 에 비하여 90° 진상으로 나타나게 된다. 최종적으로 선로의 저항, 리액턴스 그리고 캐패시턴스 성분을 고려하면 캐패시턴스 성분만을 고려한 경우보다는 뒤지고 저항성분만을 고려한 경우보다는 앞서게 나타난다.

B상 지락고장시 기준 전압을 V_{ca} 로, C상 지락고장시는 V_{ab} 로 하면 고장회선 영상전류의 위상이 그림 6에 나타낸 것과 같이 나타난다. 위의 내용을 종합하면 고장상 판별을 위한 동작 영역을 다음 그림 같이 나타낼 수 있다.

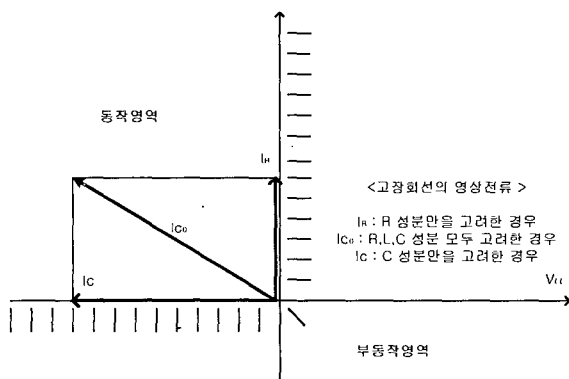


그림 8 고장상 판별을 위한 동작영역의 설정
 Fig. 8 Operating zone setting for fault phase selection

그림 8과 같이 고장상을 판별을 위하여 자동화 개폐기에서 측정되는 영상전류의 위상이 선간전압의 위상 보다 $+90^\circ \sim +180^\circ$ 앞선 영역을 동작영역으로 설정한다.

결과적으로 자동화 개폐기에서 측정되는 영상전류의 위상이 V_{bc} 에 비하여 $90^\circ \sim 180^\circ$ 앞선 경우 A상 지락고장, V_{ab} 에

비하여 $90^\circ \sim 180^\circ$ 앞선 경우 C상 지락고장, V_{ca} 에 비하여 $90^\circ \sim 180^\circ$ 앞선 경우 B상 지락 고장으로 판단한다.

5. 사례연구

5.1 모의 계통도

제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 그림 9와 같은 계통전압은 $154[kV]/22.9[kV](y-\Delta)$, 배전선로의 선종은 ACSR 58[mm] ($Z_1=0.6959+j0.5144$, $Z_0=1.1028+ j1.4437[\Omega]$), 각 피더의 길이는 #1 Feeder - 15[km], #2 Feeder - 10[km], #3 Feeder - 15[km], 계통의 부하는 회선 당 약 2[MVA], 그리고 고장 판별을 하는데 가장 중요한 요소인 선로의 충전전류는 약 $18[mA/km]$ 인 계통을 모델링 하였으며, 모델계통에서 EMTP 프로그램을 이용하여 1선지락 고장을 모의하여 제시한 알고리즘을 검증하였다.

전압과 전류의 순시 데이터로부터 크기와 위상을 추출하기 위하여 한 주기 데이터 윈도우를 사용하는 DFT를 사용하였으며, Matlab으로 제안한 알고리즘을 구현하였으며 검증한 결과를 나타내었다.

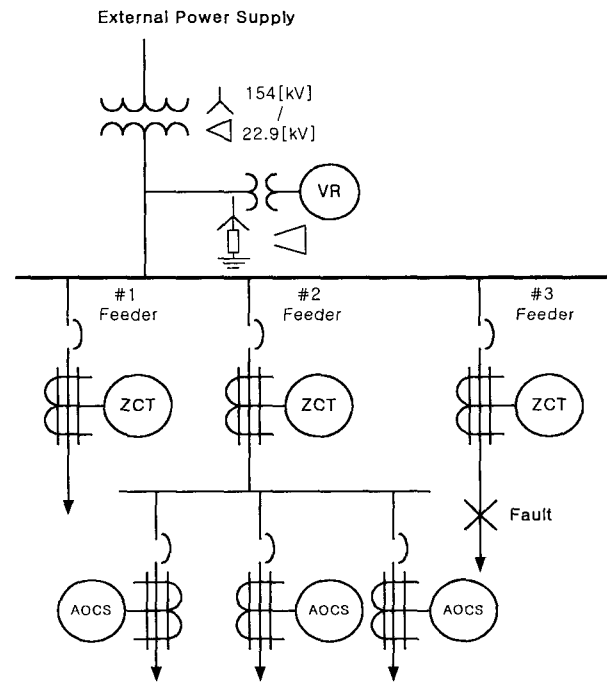


그림 9 모의 계통 및 보호시스템구성
 Fig. 9 Simulation system and configuration

5.2 모의 결과

5.2.1 고장회선 판별

그림 9와 같은 계통에서 1선지락 고장시 모선의 영상전압과 각 회선의 영상전류의 크기 및 위상을 이용하여 고장회선을 판정하였다.

1) 1선지락 고장시 모선의 영상전압

그림 10은 1선지락 고장후에 모선의 각 상 전압과 영상전압 벡터 도이다. 비접지 계통이므로 중성점 전위가 지락된 상으로 옮겨간 것을 볼 수 있다. 그리고 고장 전에 평형이던 위상이 고장 후에 불평형으로 변경된 것을 나타내고 있으며, 모선의 영상전압은 각 상 전압 벡터의 합 벡터와 반대 방향인 것을 볼 수 있다.

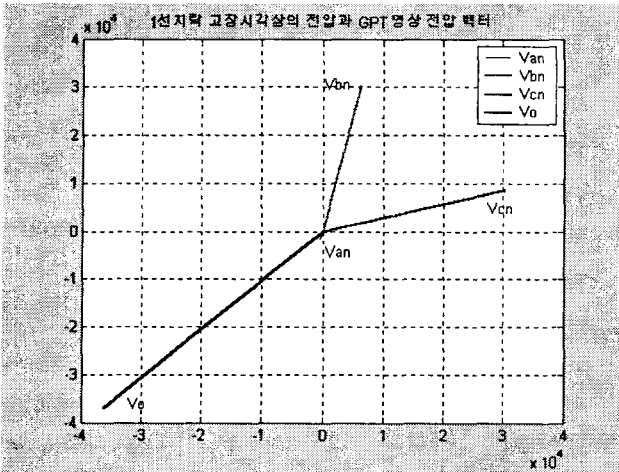


그림 10 각상전압 및 영상전압
Fig. 10 Each phase and zero sequence voltage vector

2) 각 회선의 영상 전류와 모선의 영상전압

그림 11은 1선지락 고장 후에 각 회선에 나타나는 영상 전류와 모선의 영상 전압 벡터도이며, 영상전류와의 위상을 비교하기 위하여 영상전압을 1/40000으로 스케일링하였다. #1 feeder의 영상전류는 모선의 영상전압보다 88°지상, #2 feeder의 영상전류는 모선의 영상전압보다 87°지상, #3 feeder의 영상전류는 모선의 영상전압보다 89°진상으로 나타남에 따라, 최종적으로 고장회선은 #3 feeder라고 판정하였다.

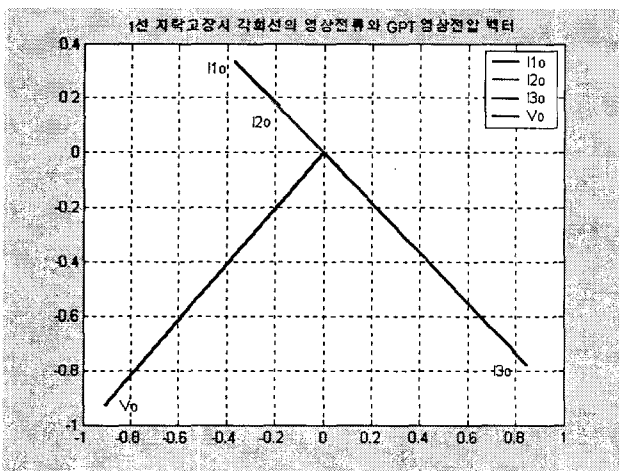


그림 11 각회선의 영상전류 및 영상전압
Fig. 11 Zero sequence current and voltage of each line

5.2.2 고장회선 판정 후 고장상 선택

그림 9와 같은 계통에서 1선지락 고장시 모선의 선간 전압과 고장회선 영상전류의 크기 및 위상을 이용하여 고장 상을 판별하였다.

1) 1선지락 고장시 모선의 선간전압

그림 12는 고장 전과 후에 나타나는 선간 전압 벡터 도이다. 비접지계통의 특성으로 그림과 같이 아무런 변화가 없는 것을 확인할 수 있으며, 고장상 판별을 위하여 기준전압으로 사용하는데 아무런 문제가 없는 것을 알 수 있다.

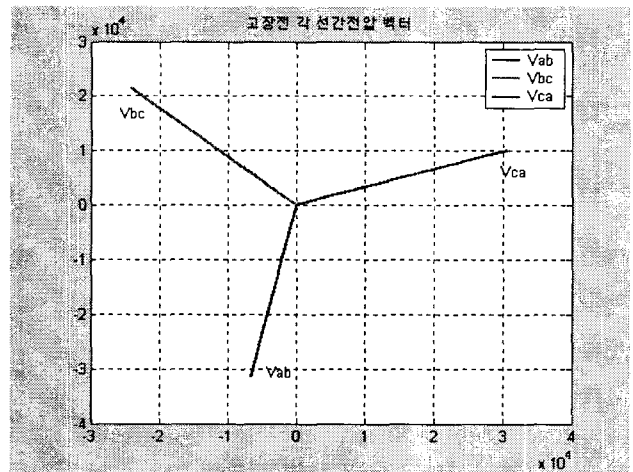


그림 12 각 선간전압
Fig. 12 Each line to line voltage

2) A상지락 고장시 고장상 판별

그림 13은 고장회선이 #3 feeder라고 판정한 후에 모선의 선간 전압과 #3 feeder의 영상전류를 이용하여 고장 상을 판별한 결과를 나타낸다.

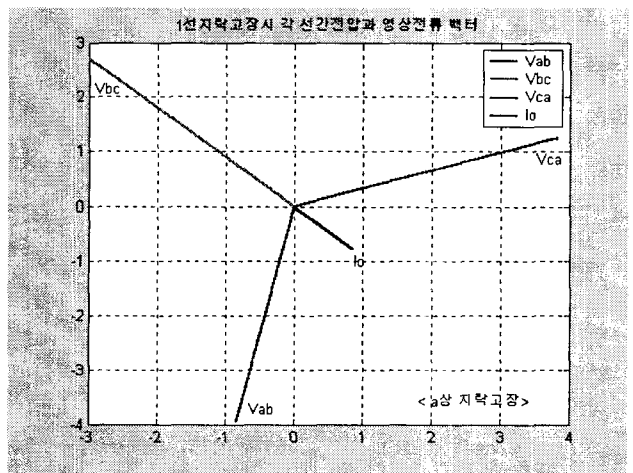


그림 13 선간전압과 고장회선 영상전류
Fig. 13 Line to line voltage and zero sequence current of fault line

V_{ab} 벡터에 대하여 영상전류 I_0 벡터는 57.2° 앞서고, V_{bc} 벡터에 대하여 영상전류 I_0 벡터는 176° 앞서며, 그리고 V_{ca} 벡터에 대하여 영상전류 I_0 벡터는 62° 뒤진 것으로 나타나, 결과적으로 a상 지락고장으로 판정하였다.

3) B상지락 고장시 고장상 판별

그림 14는 고장회선이 #3 feeder라고 판정한 후에 모선의 선간 전압과 #3 feeder의 영상전류를 이용하여 고장상을 판별한 결과를 나타낸다. V_{ab} 벡터에 대하여 영상전류 I_0 벡터는 115° 뒤지고, V_{bc} 벡터에 대하여 영상전류 I_0 벡터는 58° 앞서며, 그리고 V_{ca} 벡터에 대하여 영상전류 I_0 벡터는 178.3° 앞선 것으로 측정하여, 결과적으로 b상 지락고장으로 판정하였다.

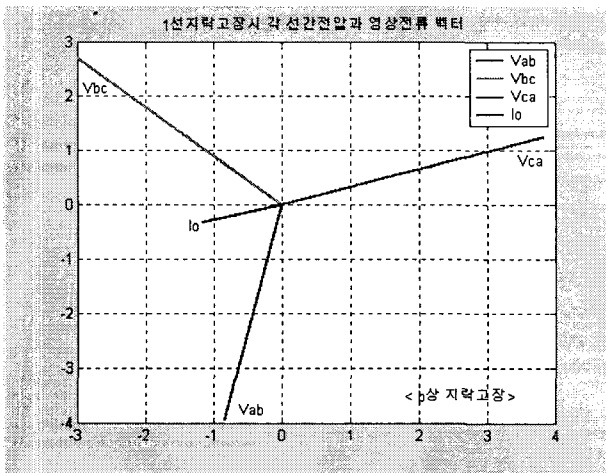


그림 14 선간전압과 고장회선 영상전류
Fig. 14 Line to line voltage and zero sequence current of fault line

4) C상지락 고장시 고장상 판별

그림 15는 고장회선이 #3 feeder라고 판정한 후에 모선의 선간 전압과 #3 feeder의 영상전류를 이용하여 고장상을 판별한 결과를 나타낸다. V_{ab} 벡터에 대하여 영상전류 I_0 벡터는 177.9° 앞서고, V_{bc} 벡터에 대하여 영상전류 I_0 벡터는 62.7° 뒤지며, 그리고 V_{ca} 벡터에 대하여 영상전류 I_0 벡터는 57.9° 앞선 것으로 측정하여, 결과적으로 c상 지락고장으로 판정하였다.

표 2 사례연구 결과
Table 2 Result of the case study

고장	위상	V_{an}	V_{bn}	V_{cn}	V_0	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}
#3 feeder		-106°	78°	15.78°	-134°	-102°	138°	18.3°
고장	위상	I_{10}	I_{20}	I_{30}	$I_{10}/a상$	$I_{10}/b상$	$I_{10}/c상$	
#3 feeder		138°	139°	-42.4°	-38°	-160°	75.9°	

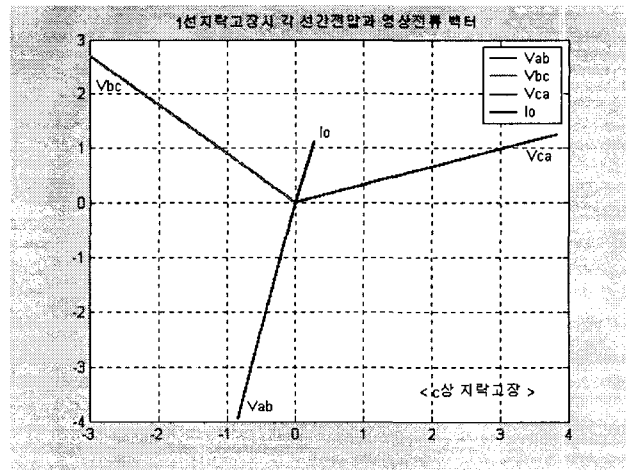


그림 15 선간전압과 고장회선 영상전류
Fig. 15 Line to line voltage and zero sequence current of fault line

표2는 사례연구 결과 모선의 각 영상전압, 상전압, 그리고 선간전압, 각회선의 영상전류, #3 feeder의 A상, B상 C상 고장시 #3 feeder의 영상전류의 위상을 나타내었다. 표3은 고장상 판정 결과를 나타낸 것이다. 각각의 선간 전압에 대한 영상전류의 위상을 나타내었으며 고장상 판정 결과를 나타내었다.

표 3 고장상 판정 결과
Table 3 Result of the faulted phase selection

고장	위상	I_0-V_{ab}	I_0-V_{bc}	I_0-V_{ca}	판정
A상고장		$+64^\circ$	$+176^\circ$	-56.3°	A
B상고장		-58°	$+62^\circ$	$+178.3^\circ$	B
C상고장		$+177.9^\circ$	-62.1°	$+57.6^\circ$	C

5. 결 론

본 논문에서는 비접지 배전계통에 적용할 수 있는 고장상 판별 알고리즘을 제안하였다. 모선에 설치되는 GPT의 영상전압과 각회선 인출단에 설치되는 ZCT의 영상전류를 이용하여 고장회선이 판정되면, 모선 영상전압과 고장회선 영상전류의 위상각을 비교하여 고장상을 판별한다. 이 방법은 비접지 계통에 배전자동화 시스템이 도입되면 선로상에 설치되어 있는 자동화 개폐기에서 취득된 전압, 전류 정보를 이용해서도 구현이 가능하다. 제안된 알고리즘은 전자기적 과도현상 해석장비인 EMTP(Electro Magnetic Transient Program) 시뮬레이션을 통하여 그 효용성을 증명하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

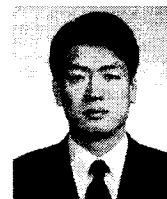
- [1] 박영문, 김재철, 전력계통기술계산 응용, 도서출판 의제, 1998
- [2] 中山敬造, 보호계전시스템, 도서출판 세화, 1994
- [3] Baldwin, T.; Renovich, F., Jr.; Saunders, L.F.; Lubkeman, D., "Fault locating in ungrounded and high-resistance grounded systems", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37 No. 4, pp. 1152 -1159, July-Aug. 2001
- [4] Baldwin, T.; Renovich, F.; Saunders, L., "Directional ground fault indicator for high-resistance grounded systems", 2002 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, pp. 103-109, 2002
- [5] Baldwin, T.; Renovich, F., "Analysis of fault locating signals for high-impedance grounded systems", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 38 No. 3, pp. 810-817, May/June 2002
- [6] Lubich, D.H., "High resistance grounding and fault finding on three phase three wire (delta) power systems", IEEE 1997 Annual, Textile, Fiber, and Film Industry Technical Conference, pp. 5-10, 1997
- [7] Love, D.J.; Hashemi, N., "Considerations for ground fault protection in medium-voltage industrial and cogeneration systems", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 24 Issue. 4, pp. 548-553, July-Aug. 1988
- [8] 하복남 외6, The Development of the New Distribution Automation System, KEPRI '98 전력연-단633, 1998

저자 소개



이 덕 수 (李 德 洙)

1977년 11월 19일생. 2000년 명지대 공대 전기공학과 졸업, 2002년 명지대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 P&C Tech. 연구원.
Tel : 031-455-5791, Fax : 031-456-7923, E-mail : suness@hanmail.net



임 성 일 (林 星 日)

1967년 7월 10일 생. 1994년 명지대 공대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년~2002년 대전 전력연구원. 현대 동 대학원 전기공학과 박사과정.
Tel : 031-335-2068, Fax : 031-330-6816, E-Mail : lim7610@hotmail.com



최 면 승 (崔 勉 松)

1967년 4월생. 1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 전기공학과 졸업(공학박사). 1995년 Pennsylvania State Univ. 방문 연구원. 1992년 기초전력공학 공동연구소 전임연구원. 현재 명지대학교 공대 전기정보제어공학부 부교수.
Tel : 031-336-6367, Fax : 031-321-0271, E-mail : mschoi@mju.ac.kr



이 승 재 (李 承 宰)

1955년 11월 30일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 Univ. of Washington 전기공학과 졸업(공학박사). 1994년 Univ. of Washington 교환교수. 현재 명지대 공대 전기정보제어공학부 교수.
Tel : 031-336-6362, Fax : 031-330-6816 E-mail : sjlee@mju.ac.kr