

# 병행 2회선 송전선로의 선간단락시 고장점 표정의 개선에 관한 연구

## (A Study on Advanced Fault Locating for Short Fault of a Double Circuit Transmission Line)

박유영\* · 박철원\*\*

(Yu-Yeong Park · Chul-Won Park)

### Abstract

Fault locating is an important element to minimize the damage of power system. The computation error of fault locator may occur by the influence of the DC offset component during phasor extraction.

In order to minimize the bad effects of DC offset component, this paper presents an improved fault location algorithm based on a DC offset removal filter for short fault in a double circuit transmission line. We have modeled a 154kV double circuit transmission line by the ATP software to demonstrate the effectiveness of the proposed fault locating algorithm. The line to line short faults were simulated and then collected simulation data was used. It can be seen that the error rate of fault locating estimation by the proposed algorithm decreases than the error rate of fault locating estimation by conventional algorithm.

Key Words : ATP, Conventional Algorithm, DC Offset Removal Filter, Double Circuit Transmission Line, Error Rate, Fault Location Algorithm, Short Faults

## 1. 서 론

송전선로는 외부에 노출되어 있고 전 지역에 분포되어 있어 전력계통에서의 고장 발생률이 다른 설비보다 대단히 높다. 따라서 고장의 피해를 최소화하기 위해서 정확한 고장 판단과 고장점 표정이 이루어져 한

다. 고장점 표정장치(fault locator)는 송전선로의 양단에서 데이터를 수집하면 정확성을 더 높일 수 있으나, 실용적인 측면을 고려하여 편단에서 데이터를 수집하는 기법들이 사용되고 있다. 그럼에도 불구하고 보호영역의 끝 부분에서 발생하는 고장의 경우라도 고장점 표정장치는 정확하게 고장 위치를 찾아주어야 한다[1].

종래의 거리계전기법에서는 왜곡된 계전신호에서 직류오프셋성분(DC offset component)을 완전하게 제거하지 못한 채 기본파성분을 추출하기 때문에 송전선로 사고 발생시 임피던스 계산과 고장점 표정시 오차가 발생하였다. 이에 사고 발생시 직류오프셋성분과

\* Main author : Gangnueng-Wonju National University, Yu-Yeong Park

\*\* Corresponding author : Gangnueng-Wonju National University, Chul-Won Park

Tel : 033-760-8786, Fax : 033-760-8781

E-mail : cwpark1@gwnu.ac.kr

Received : 2015. 8. 31.

Accepted : 2015. 11. 24.

고조파성분에 영향을 받지 않는 고성능의 거리계전과 고장점 표정을 위해서는 페이지 연산시 지수 함수적으로 감쇠하는 직류옴셋성분을 효과적으로 제거할 수 있는 방안이 필요하다[2].

전력계통사고에 따른 고장전류는 고조파성분과 지수 함수적으로 감쇠하는 직류옴셋성분으로 표현되는데, 직류옴셋성분은 전압사고위상각이  $0^\circ$  또는  $180^\circ$ 에 가까울수록 뚜렷해지고 고조파성분은 전압사고위상각이  $90^\circ$  또는  $270^\circ$ 에 가까울수록 뚜렷해진다. 그러므로 보호장치와 고장점 표정장치는 이런 성분들에 의한 계전신호의 왜곡에도 불구하고 신속하고 정확한 고장판별과 고장점 추정을 해야 한다[3-8].

국내의 연구로 복수의 직류옴셋성분의 영향을 제거할 수 있는 개선된 페이지 연산 기법을 적용한 거리계전 알고리즘이 제안되었다[9]. 또 변전소 인출단에서 수집한 데이터를 이용하여 웨이브릿 변환(Wavelet transform) 후 고장 임피던스를 추출하는 기법이 제안되었다[10]. 자기단 전원 임피던스 추정기법을 사용한 병행 2회선 송전선로 고장점 표정 알고리즘이 발표되었다[11]. 개선된 NVP(N-version programming)를 이용한 새로운 고장점 표정 계산 모델에 관한 연구가 이루어졌다[12]. 전류분배계수(current distribution factor)를 사용하여 전원 임피던스, 부하전류, 영상분 상호작용과 고장점 저항의 변화에 영향을 받지 않고 고장점 표정을 하는 알고리즘을 제안하였다[13]. 선로 임피던스 오차에 의한 거리계전기 동작상태를 실제 고장 당시의 보호계전기 저장 데이터를 시뮬레이션하여 분석하고 그 해결방안을 제시하였다[14]. 병행 송전선로의 운전조건별 영상전류 변동이 거리계전기 동작특성에 미치는 영향에 관한 연구가 발표되었다[15].

해외에서는 송전선로 보호계전기 적용을 위한 IEEE 표준이 발표된 이후, 2011년과 2015년에 개정되었고, 2014년 AC 송전선로와 배전선로의 고장점 표정을 위한 IEEE 표준도 공개되었다[16-18].

본 논문에서는 병행 2회선 송전선로에서 직류옴셋성분의 영향을 최소화하기 위하여 직류옴셋제거필터를 적용한 단락사고를 위한 개선된 고장점 표정 알고리즘을 제시하였다. 제시된 기법의 효용성을 입증하기 위하여 ATP(Alternative Transient Program)를

이용하여 154kV 병행 2회선 송전선로를 모델링하고 A, B상 선간단락사고를 모의한 후 수집한 시뮬레이션 데이터가 활용되었다.

## 2. 개선된 고장점 표정 알고리즘

개선된 고장점 표정 알고리즘은 계전기 설치점에서 전압과 전류를 측정하여 직류옴셋제거필터와 DFT필터를 통과시켜 직류옴셋성분과 고조파성분을 각각 제거한 후 기본파 성분을 이용하여 R, X값 계산 후 고장점을 산정하게 된다[7].

### 2.1 직류옴셋제거필터

종래의 직류옴셋제거필터는 사전에 시정수를 알아야 하며 크기 보정과 위상 보정이 필요했으나 본 논문에서 채택한 직류옴셋제거필터는 고장전류로부터 직류옴셋의 감쇠율과 초기치를 계산하여 직류옴셋성분을 제거할 수 있다는 장점이 있다.

고장전류는 식 (1)과 같이 직류옴셋성분과 고조파항( $1 \cdots \infty$ )으로 나타낼 수 있다.

$$i(t) = B \exp(-bt) + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin(n\omega t) \quad (1)$$

식 (1)을 이산형태로 다시 쓰면 식 (2)와 같다.

$$i(k) = B \exp(-bk) + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin\left(\frac{2\pi}{N} k \cdot n\right) \quad (2)$$

여기서  $\exp(-b) = D$ 라고 하면, 식 (3)과 같다.

$$i(k) = B D^k + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin\left(\frac{2\pi}{N} k \cdot n\right) \quad (3)$$

여기서  $B$  : 직류옴셋의 초기치,  $n$  : 고조파 차수,  $k$  : 샘플 번호,  $D$  : 직류옴셋의 감쇠율,  $N$  : 주기 당 샘플 수이다.

이때 직류옴셋의 감쇠율과 초기치는 각각 식 (4)와 식 (5)와 같이 된다[5-6].

$$D^s = \frac{\sum_{n=0}^{2^r-1} i[\frac{n}{2^r}N+s]}{\sum_{n=0}^{2^r-1} i[\frac{n}{2^r}N]} \Rightarrow D = \sqrt[s]{D^s} \quad (4)$$

$$B = \frac{\sum_{n=0}^{2^r-1} i[\frac{n}{2^r}N]}{\sum_{n=0}^{2^r-1} D^{\frac{n}{2^r}N}} \quad (5)$$

여기서  $B$  : 직류오프셋의 초기치,  $r$  : 필터 차수,  $k$  : 샘플 번호,  $D$  : 직류오프의 감쇠율,  $N$  : 주기 당 샘플 수이다.

### 2.2 DFT 필터에 의한 기본파 페이저 추출

전류신호를 한 주기당  $N$  샘플링하면 이산 전류신호는  $i(k)$ 가 되고, 이산푸리에변환(DFT)한  $I_{DFT}(n)$ 은 식 (6)과 같이 된다.

$$I_{DFT}(n) = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} i(k) W_N^{nh} \quad (n=0,1,\dots,N-1) \quad (6)$$

여기서  $W_N^{nh}$ 은  $e^{-j\frac{2\pi}{N}nh}$ 이며, 식 6에서  $h$ 는 고조파의 차수이며, 기본파 페이저를 추출하기 위해서  $h$ 가 1이 된다.

### 2.3 단락 임피던스 연산

A, B상의 단락 임피던스는 식 (7)과 같으며, 실수부와 허수부로 나누어 나타내면 식 (8)과 같이 된다.

$$Z = \frac{V_a - V_b}{I_a - I_b} \quad (7)$$

$$Z = \frac{(V_{ar} - V_{br}) + j(V_{ai} - V_{bi})}{(I_{ar} - I_{br}) + j(I_{ai} - I_{bi})} \quad (8)$$

여기서  $Z$ 는 단락 임피던스,  $V_{ar}$ ,  $V_{ai}$ 는 A상 전압 기본파와 페이저의 실수부와 허수부,  $I_{ar}$ ,  $I_{ai}$ 는 A상 전류

기본파와 페이저의 실수부와 허수부이다.

## 3. 사례연구

### 3.1 병행 2회선 송전선로 모델링

본 논문에서 제시한 개선된 고장점 표정 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 그림 1과 같은 병행 2회선 송전선로에 대하여 ATP를 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 고장 데이터를 얻었다. 이때 계통의 전원 전압은 154kV이고, 전선 규격은 ACSR 477MCM 240<sup>□</sup>, 가공지선은 ACSR 97<sup>□</sup>, 선로 길이는 160km를 선정하였다. 선로 정수는 정상분  $R_1$ ,  $L_1$ ,  $C_1$ 은 각각 0.3434  $\Omega$ /km, 1.3158  $\Omega$ /km, 0.0052  $\mu$ F/km 이고, 역상분  $R_2$ ,  $L_2$ ,  $C_2$ 은 각각 0.1342  $\Omega$ /km, 0.4765  $\Omega$ /km, 0.0090  $\mu$ F/km 이고, 영상분  $R_0$ ,  $L_0$ ,  $C_0$ 은 각각 0.1342  $\Omega$ /km, 0.4758  $\Omega$ /km, 0.0090  $\mu$ F/km 이다.

고장의 종류는 A, B상 선간단락사고로, 직류오프셋의 영향을 검토하기 위하여 전압사각각을 0°, 45°, 90°로 가변하면서 시뮬레이션을 수행하였다. 고장점 위치를 전체 선로의 10%(16km), 20%(32km), 30%(48km), 40%(64km), 50%(80km), 60%(96km), 70%(112km), 80%(128km), 90%(144km)로 변화시키면서 모의하였다.

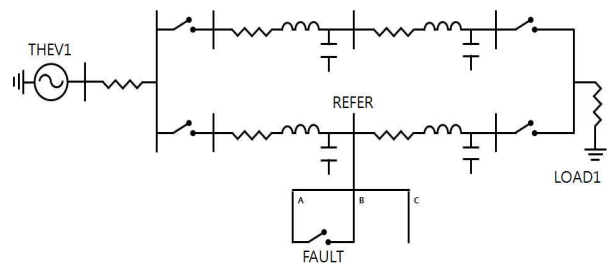


Fig. 1. Model of a double circuit transmission line

본 논문의 고장거리 오차율은 식 (9)와 같이 전체 선로길이인 160km를 기준으로 나타내었다.

$$\left| \frac{\text{실제 고장거리} - \text{계산된 고장거리}}{\text{전체 선로길이}} \right| * 100\% \quad (9)$$

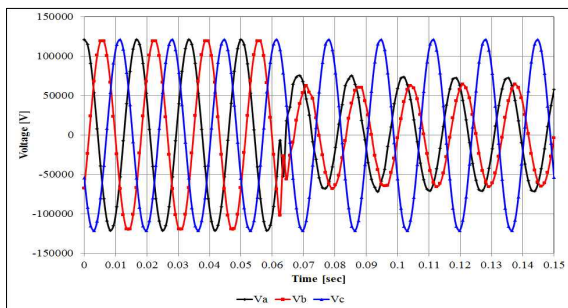
### 3.2 시뮬레이션 및 결과

그림 2는 A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우 전압사고각 가변에 따른 전압신호를 나타낸다. 고장이 발생하자 평형 3상전압은 고장저항에 달라지나, 통상 고장상의 전압이 적어지며 불평형이 되는 것을 알 수 있다.

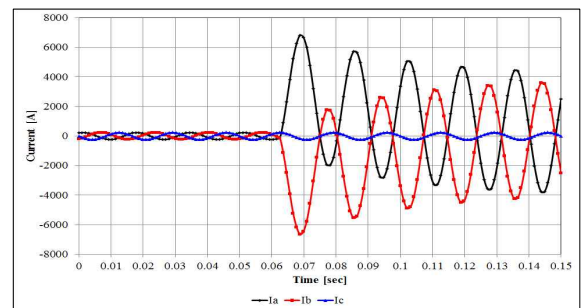
그림 3은 A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우 전압사고각 가변에 따른 전류신호를 나타낸다.

고장이 발생하자 평형 3상전류는 불평형이 되며 A상의 전류는 B상의 전류와 크기는 거의 같고 방향은 반대 방향이 되는 것을 알 수 있다. 전압사고각이 0°에 가까울수록 직류오프셋성분이 많이 함유하는 것을 알 수 있다.

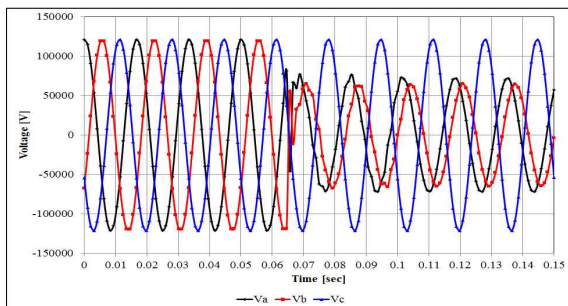
그림 4는 A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우 전압사고각 가변에 따른 직류오프셋제거필터의 적용 전후의 전류신호를 나타낸다. 그림 4와 같이 제시된 직류오프셋제거필터에 의하여 고장발생후 50ms정도 지나면 직류오프셋성분이 대부분 제거되는 것을 알



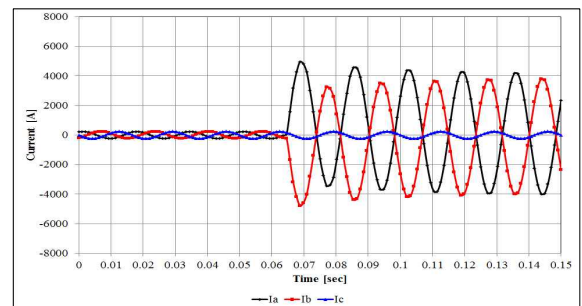
(a) 전압사고각 0°



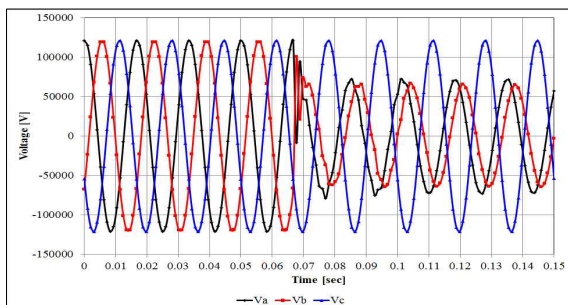
(a) 전압사고각 0°



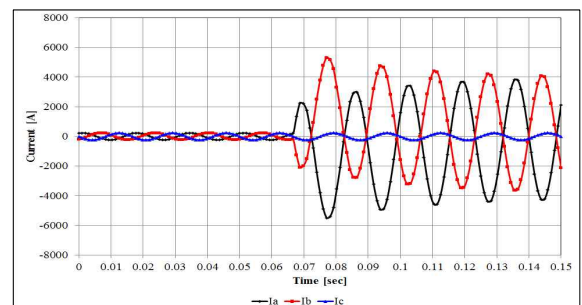
(b) 전압사고각 45°



(b) 전압사고각 45°



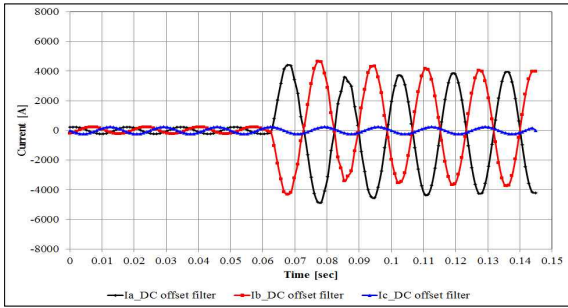
(c) 전압사고각 90°



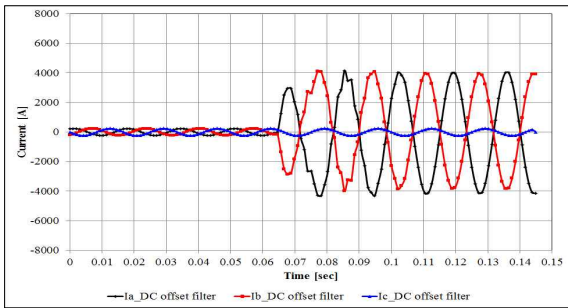
(c) 전압사고각 90°

Fig. 2. Three phase voltage signals

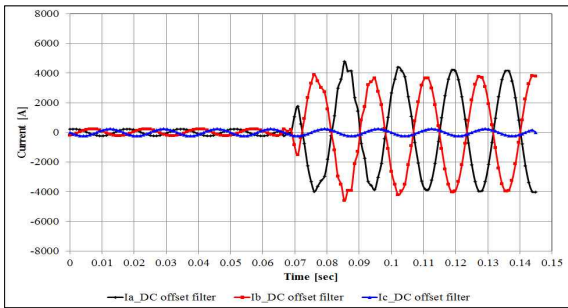
Fig. 3. Three phase current signals



(a) 전압사고각  $0^\circ$



(b) 전압사고각  $45^\circ$

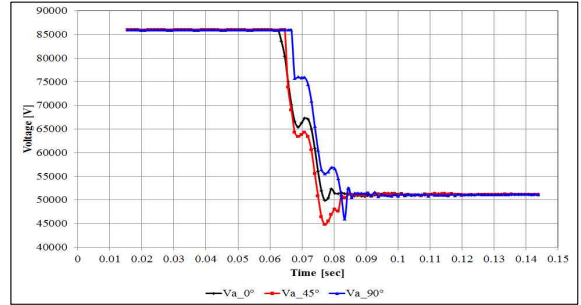


(c) 전압사고각  $90^\circ$

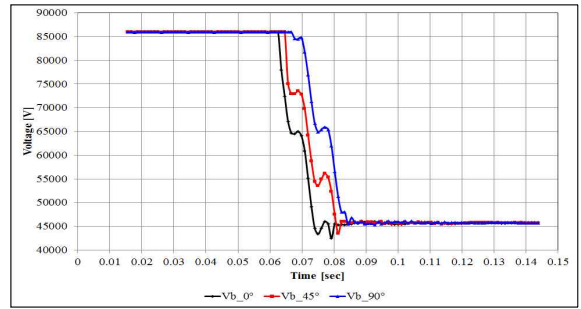
Fig. 4. Performance of DC offset filter

수 있다. 또 직류오프셋필터는 크기 및 위상변동이 없으므로 필터링후 보정이 필요하지 않음도 알 수 있다.

그림 5는 A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우 전압사고각 가변에 따른 A, B상 전압신호에 대한 DFT 필터의 기본파와 페이저의 크기 추출을 나타낸다. 그림 5와 같이 전압신호에 대한 DFT 필터에 의해 기본파성분 페이저의 크기 추출은 전압사고각과 고장발생직후 직류오프셋성분의 제거 여부에 따라 기본파 페이저의 수렴성이 다소 달라지는 것을 알 수 있다.

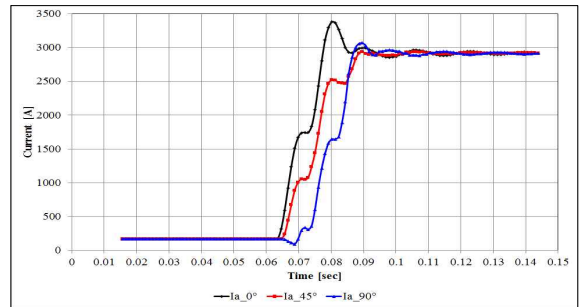


(a) A상 전압 크기

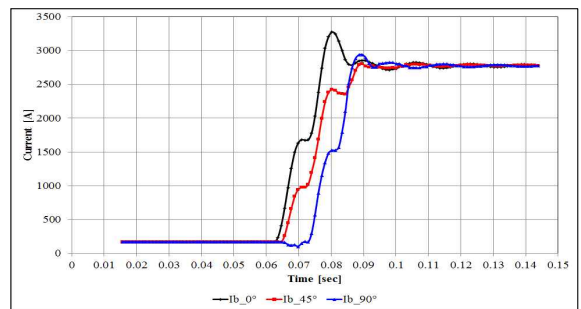


(b) B상 전압 크기

Fig. 5. Fundamental voltage phasor of DFT filter



(a) A상 전류 크기



(b) B상 전류 크기

Fig. 6. Fundamental current phasor of DFT filter

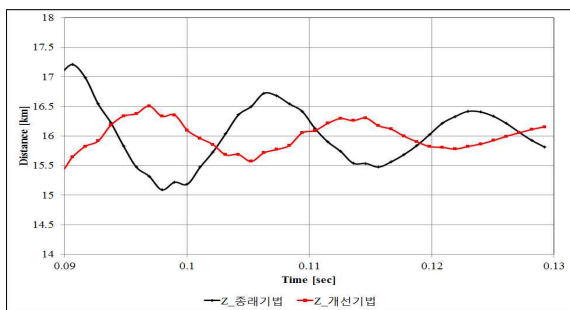
그림 6은 A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우 전압사고각 가변에 따른 A, B상 전류신호에 대한 DFT 필터의 기본과 페이지의 추출을 나타낸다. 그림 6과 같이 A, B상 전류신호의 기본과 페이지는 고장발생직후 전압사고각이 증가할수록 그 과도상태가 감소하는 것을 알 수 있다.

그림 7은 A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우 전압사고각 가변에 따른 고장점 표정거리를 나타낸다. 그림 7과 같이 종래의 거리계전기법보다 제

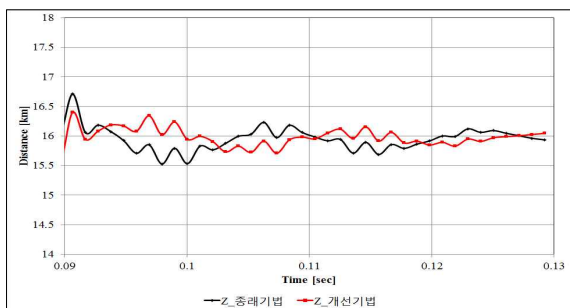
시한 고장점 표정알고리즘의 고장점 추정이 더 빠르게 수렴하고 정확한 것을 알 수 있다.

그림 8은 A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우 전압사고각 가변에 따른 임피던스 궤적을 나타낸다. 그림 8과 같이 종래의 거리계전기법보다 제시한 고장점 표정알고리즘의 고장점까지 연산된 임피던스가 신속하게 수렴하고 정확한 것을 알 수 있다.

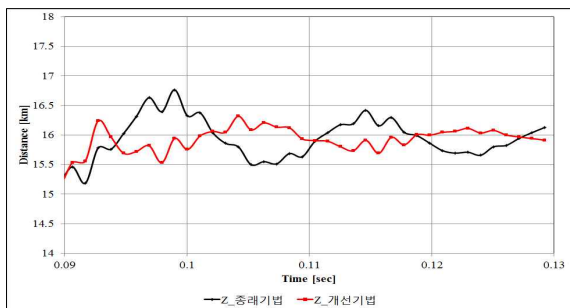
A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우, 2주기가 지난 시점부터 4주기까지 임피던스 산정의



(a) 전압사고각 0°

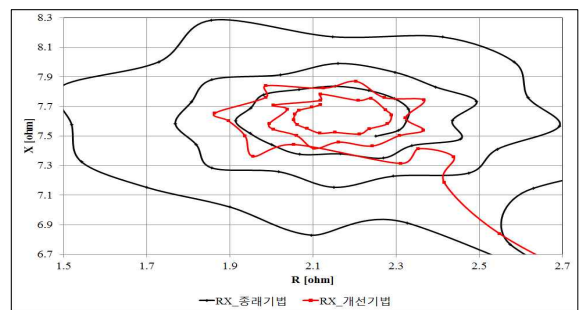


(b) 전압사고각 45°

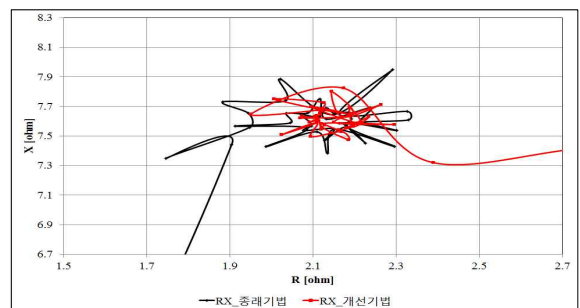


(c) 전압사고각 90°

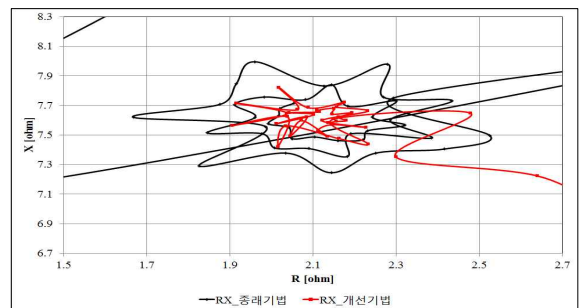
Fig. 7. Fault locating distance



(a) 전압사고각 0°



(b) 전압사고각 45°



(c) 전압사고각 90°

Fig. 8. Impedance loci

평균값은 표 1과 같다. 고장점의 위치가 10%(16km)인 경우 임피던스(Z)의 실제값은 7.921Ω이다. 종래기법은 전압사각에 따라 최소 7.881Ω에서 최대 7.888Ω까지 산정되었으나, 개선기법은 최소 7.901Ω에서 최대 7.933Ω으로 산정되어, 종래기법보다 개선된 것을 알 수 있다.

A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우, 2주기가 지난 시점부터 4주기까지 고장거리 산정의 평균값은 표 2와 같다. 고장점의 위치가 10%(16km)인 경우 고장거리의 실제값은 16km이다. 종래기법은 전압사각에 따라 최소 15.921km에서 최대 15.955km

까지 추정을 하였으나, 개선기법은 최소 15.961km에서 최대 16.025km로 추정함으로 종래기법보다 더욱 정확하게 추정하는 것을 알 수 있다.

A, B상 선간단락고장이 16km에서 발생했을 경우, 2주기가 지난 시점부터 4주기까지 오차율의 평균값은 표 3과 같다. 고장점의 위치가 10%(16km)인 경우 종래기법은 전압사각에 따라 최소 0.08%에서 최대 0.24%까지의 오차율을 나타내고, 개선기법은 최소 0.07%에서 최대 0.13%까지의 오차율을 나타냄으로서 종래기법보다 오차율이 감소한 것을 알 수 있다.

Table 1. Impedance

2주기 후 임피던스 산정의 평균값														
고장위치 : 10%(16km)			고장위치 : 20%(32km)			고장위치 : 30%(48km)			고장위치 : 40%(64km)			고장위치 : 50%(80km)		
실제값 : R=2.147 L=7.624 Z=7.921			실제값 : R=4.294 L=15.248 Z=15.841			실제값 : R=6.442 L=22.872 Z=23.762			실제값 : R=8.589 L=30.496 Z=31.682			실제값 : R=10.736 L=38.120 Z=39.603		
0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법
R	2.161	2.158	R	4.291	4.295	R	6.541	6.558	R	8.625	8.648	R	10.790	10.830
X	7.583	7.633	X	15.181	15.305	X	22.701	22.904	X	30.437	30.716	X	38.082	38.306
Z	7.888	7.933	Z	15.781	15.898	Z	23.630	23.828	Z	31.642	31.916	Z	39.588	39.815
45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법
R	2.135	2.146	R	4.263	4.277	R	6.454	6.493	R	8.628	8.665	R	10.759	10.141
X	7.586	7.604	X	15.240	15.273	X	22.570	22.594	X	30.525	30.595	X	38.209	37.316
Z	7.881	7.901	Z	15.826	15.862	Z	23.475	23.509	Z	31.721	31.799	Z	39.696	38.672
90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	종래기법
R	2.133	2.103	R	4.325	4.242	R	6.337	6.228	R	8.721	8.544	R	10.905	11.547
X	7.604	7.627	X	15.246	15.297	X	22.619	22.702	X	30.500	30.598	X	38.205	38.576
Z	7.898	7.912	Z	15.850	15.876	Z	23.492	23.543	Z	31.725	31.772	Z	39.734	40.274

2주기 후 임피던스 산정의 평균값												
고장위치 : 60%(96km)			고장위치 : 70%(112km)			고장위치 : 80%(128km)			고장위치 : 90%(144km)			
실제값 : R=12.883 L=45.744 Z=47.524			실제값 : R=15.030 L=53.368 Z=55.444			실제값 : R=17.178 L=60.992 Z=63.345			실제값 : R=19.325 L=68.616 Z=71.285			
0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	
R	12.957	12.973	R	15.132	15.059	R	17.354	17.438	R	19.736	19.773	
X	45.787	46.264	X	53.542	54.117	X	61.173	61.672	X	69.096	69.739	
Z	47.593	48.058	Z	55.649	56.183	Z	63.597	64.101	Z	71.869	72.502	
45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	
R	12.948	13.434	R	15.125	15.221	R	17.066	17.321	R	19.781	19.955	
X	46.003	46.729	X	53.871	55.356	X	61.406	61.087	X	69.270	69.754	
Z	47.791	48.635	Z	55.957	57.422	Z	63.736	63.503	Z	72.041	72.556	
90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	
R	13.186	12.269	R	15.458	14.010	R	17.259	16.809	R	19.970	19.291	
X	45.987	46.299	X	53.839	53.435	X	61.660	62.137	X	69.170	69.289	
Z	47.844	47.917	Z	56.024	55.250	Z	64.036	64.383	Z	72.001	71.934	

Table 2. Distance

2주기 후 고장거리 산정의 평균값 (km)														
고장위치 : 10%(16km)			고장위치 : 20%(32km)			고장위치 : 30%(48km)			고장위치 : 40%(64km)			고장위치 : 50%(80km)		
0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법
거리	15.934	16.025	거리	31.878	32.116	거리	47.734	48.134	거리	63.919	64.471	거리	79.970	80.428
45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법
거리	15.921	15.961	거리	31.968	32.041	거리	47.421	47.490	거리	64.078	64.235	거리	80.188	78.120
90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법
거리	15.955	15.983	거리	32.017	32.070	거리	47.456	47.558	거리	64.087	64.181	거리	80.266	81.355

2주기 후 고장거리 산정의 평균값 (km)												
고장위치 : 60%(96km)			고장위치 : 70%(112km)			고장위치 : 80%(128km)			고장위치 : 90%(144km)			
0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	
거리	96.141	97.080	거리	112.413	113.493	거리	128.469	129.488	거리	145.179	146.457	
45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	
거리	96.541	98.245	거리	113.037	115.995	거리	128.750	128.280	거리	145.526	146.568	
90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	
거리	96.648	96.794	거리	113.172	111.607	거리	129.356	130.057	거리	145.446	145.310	



Table 3. Error rate

2주기 후 오차율의 평균 (%)														
고장위치 : 10%(16km)			고장위치 : 20%(32km)			고장위치 : 30%(48km)			고장위치 : 40%(64km)			고장위치 : 50%(80km)		
0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법
오차	0.24	0.13	오차	0.41	0.29	오차	0.53	0.43	오차	0.64	0.59	오차	0.72	0.77
45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법
오차	0.08	0.07	오차	0.16	0.14	오차	0.37	0.33	오차	0.31	0.18	오차	0.33	1.18
90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법
오차	0.15	0.07	오차	0.29	0.18	오차	0.44	0.34	오차	0.41	0.43	오차	0.52	1.03

2주기 후 오차율의 평균 (%)														
고장위치 : 60%(96km)			고장위치 : 70%(112km)			고장위치 : 80%(128km)			고장위치 : 90%(144km)					
0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법	0°	종래기법	개선기법			
오차	0.81	0.99	오차	0.86	1.30	오차	1.22	1.47	오차	1.36	1.81			
45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법	45°	종래기법	개선기법			
오차	0.46	1.79	오차	0.78	2.50	오차	1.20	1.71	오차	1.09	1.66			
90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법	90°	종래기법	개선기법			
오차	0.57	1.42	오차	0.84	1.33	오차	1.20	1.77	오차	1.11	1.17			

#### 4. 결론

종래의 거리계전기법에서는 왜곡된 계전신호에서 직류옴셋성분을 제거하지 못하고 기본파성분을 추출하기 때문에 송전선로 사고 발생시 임피던스 계산과 고장점 표정시 오차가 발생하였다.

이에 본 논문에서는 병행 2회선 송전선로에서 직류옴셋성분의 영향을 최소화하기 위하여 직류옴셋제거 필터를 적용한 단락사고용 개선된 고장점 표정 알고리즘을 제시하였다. 제시된 기법의 효용성을 입증하기 위하여 ATP를 이용하여 154kV 병행 2회선 송전선로를 모델링하고 A, B상 선간단락사고를 모의한 후 수집한 시뮬레이션 데이터를 활용하였다. 시뮬레이션 결과 고장거리가 10%(16km)인 경우, 제시된 고장점 표정 알고리즘은 종래기법 보다, 최소 0.01%에서 최대 0.11%까지의 고장거리 오차율이 개선된 것을 알 수 있다. 전반적으로 제시된 고장점 표정 알고리즘은 종래의 거리계전기법보다 계전기 설치점과

가까운 거리일수록 오차율이 감소하는 것 확인 할 수 있었다.

#### 감사의 글

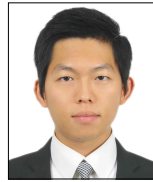
이 논문은 2015년도 (사)한국산업기술진흥협회 학연공동 기업부설연구소 연계 후속 연구개발 지원사업의 연구비 지원을 받아 수행되었음.

#### References

- [1] C.W. Park, S.R. Kim, M.C. Shin, "Fault Location Algorithm with Ground Capacitance Compensation for Long Parallel Transmission Line", Trans. KIEE, Vol. 54, No. 4, pp. 163~170, 2005. 12.
- [2] A.T. Johns, M.A. Martin, "Fundamental Digital Approach to the Distance Protection of E.H.V. Transmission Lines", Proceedings of IEE, Vol. 125, No. 5, pp. 377~384, 1978. 5.
- [3] S.H. Kang, J.G. Park, "A New Ultra High Speed Distance Relaying Method Using Travelling Wave Technique", Trans. KIEE, Vol. 40, No. 12, pp. 1203~1210, 1991. 12.
- [4] K.H. Park, G.W. Lee, C.W. Park, C.H. Kim, M.C. Shin, "A Study on the Digital Distance Relaying Algorithm based on

- Arithmetic Fourier Transform Filter”, 1995 KIEE Summer Conference, pp. 471~475, 1995. 7.
- [5] C.W. Park, H.W. Yoon, “A Study on Accurate Phasor Extraction Using a New Offset Elimination Filter”, Journal of KIEE, Vol. 27, No. 7, pp. 29~36, 2013. 7.
- [6] C.W. Park, “Advanced DC Offset Removal Filter of High-order Configuration”, Trans. on KIEE, Vol. 62P, No. 1, pp. 12~17, 2013. 3.
- [7] C.W. Park, K.D. Yoon et al., “Development of Fault Locator for T/L using Synchrophasor”, Final Report for Ministry of Science, ICT and Future Planning, pp. 1~90, 2015. 12.
- [8] C.W. Park, W.H. Ban, T.P. An, “Real-time Test using IED based on DSP 6713 of Advanced DC-offset Elimination Filter”, 2013 KIEE Summer Conference, pp. 584~585, 2013. 7.
- [9] D.G. Lee, S.H. Kang, “Distance Relaying Algorithm Using a DFT-based Modified Phasor Estimation Method”, Trans. on KIEE, Vol. 59, No. 8, pp. 1360~1365, 2010. 8.
- [10] S.W. Lee, B.N. Ha, “A Using Study for Fault Locator Algorithm of Distribution System”, 2009 KIEE Summer Conference, pp. 74~76, 2009. 7.
- [11] G.H. Park, S.H. Kang, S.I. K, J.H. Shin, “A Fault Location Algorithm Using Adaptively Estimated Local Source Impedance for a Double-Circuit Transmission Line System”, Trans. KIEE, Vol. 61, No. 3, pp. 373~379, 2012. 3.
- [12] Y.W. Jang, W.H. Kim, S.S. Han, “Fault Location Calculation using Improved NVP Model”, 2004 KIEE Summer Conference, pp. 21~23, 2004. 7.
- [13] Y.J. Ahn, S.H. Kang, M.S. Choi, S.J. Lee, “Current Distribution Factor Based Fault Location Algorithms for Double-Circuit Transmission Lines”, Trans. KIEE, Vol. 50, No. 3, pp. 146~152, 2001. 3.
- [14] Seok-Jun Chang, “Analysis of the response of a distance relay considering the errors of line Impedance”, 2012 KIEE Summer Conference, pp. 438~439, 2012. 7.
- [15] J.S. Kang, J.J. Yang, “Effects on Distance Protection by Changing Parallel Transmission Line Operation Mode and Zero Sequence Current”, 2014 KIEE, Power System Protection & Automation Research Group, Spring Conference, pp. 27~30, 2014. 4.
- [16] IEEE Std. C37.113-1999, “IEEE Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines”, pp. 55~57, 1999.
- [17] IEEE Std. PC37.113/D5.2, “IEEE Draft Guide for Protective Relay Applications to Transmission Lines”, pp. 1~155, 2011.
- [18] IEEE Std. C37.114TM-2014, “IEEE Guide for Determining Fault Location on AC Transmission and Distribution Lines”, pp. 1~76, 2014.

## ◆ 저자소개 ◆



### 박유영(朴裕榮)

1989년 10월 13일생. 2013년 국립강릉원주대학교 전기공학과 졸업. 2014년~현재 국립강릉원주대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2015~2016년 국립강릉원주대학교 대학원 전기공학과 교육조교. 현재 인텍전기전자(주) 전력전자시스템연구소 주임연구원.

Tel : (033)760-8796

Fax : (033)760-8781

E-mail : orange1513@naver.com



### 박철원(朴哲圓)

1961년 8월 13일생. 1988년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1996년 성균관대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1989~1993년 금성산전연구소 주임연구원. 1993~1996년 프로컴시스템 기술연구소 선임연구원. 1993~1997년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 강사. 1997~2007년 국립강릉원주대학교 전기공학과 전임강사, 조교수, 부교수. 2007년~현재 국립강릉원주대학교 전기공학과 정교수. 2011년~현재 대한전기학회 전력기술부문회 이사. 2012~2014년 대한전기학회 논문지 P권 편집위원장. 2016년~현재 전력계통보호 및 자동화연구회 위원장. 2010년 대한전기학회 학술상 수상. 2013년 전력계통보호제어연구회 R&D 대상 수상.

Tel : (033)760-8786

Lab : (033)760-8796

Fax : (033)760-8781

E-mail : cwpark1@gwnu.ac.kr