전류분배계수를 사용하는 병행 2회선 송전선로 고장점 표정 알고리즘

論 文
50A-3-6

Current Distribution Factor Based Fault Location Algorithms for Double-Circuit Transmission Lines

安 龍 珍* · 姜 相 熙** · 崔 勉 松*** · 李 承 宰§
(Yong-Jin Ahn · Sang-Hee Kang · Myeon-Song Choi · Seung-Jae Lee)

Abstract - This paper describes an accurate fault location algorithm based on sequence current distribution factors for a double-circuit transmission system. The proposed method uses the voltage and current collected at only the local end of a single-circuit. This method is virtually independent of the fault resistance and the mutual coupling effect caused by the zero-sequence current of the adjacent parallel circuit and insensitive to the variation of source impedance. The fault distance is determined by solving the forth-order KVL(Kirchhoff's Voltage Law) based distance equation. The zero-sequence current of adjacent circuit is estimated by using a zero-sequence current distribution factor and the zero-sequence current of the self-circuit. Thousands of fault simulation by EMTP have proved the accuracy and effectiveness of the proposed algorithm.

Key Words : Fault Location, Current Distribution Factor, Double Circuit Transmission Line

1. 서 론

전력계통에 고장이 발생한 경우, 고장지점을 정확하게 찾는 것은 신속한 사고복구와 전력계통의 신뢰성을 높여 안정적인 전력 공급의 측면에서 중요한 문제이다.

일반적으로 고장점 표정에는 전원 임피던스, 고장점 저항과 영상분 상호작용 등이 영향을 미친다. 정확한 고장점 표정은 대상 송전선로의 모든 관련 지점으로부터의 정보를 이용함으로써 가능하다.[1~2] 그러나 부가적인 통신장비를 사용해야 한다는 제약조건으로 상대단의 정보는 널리 이용되지 않고 있어 자기단의 정보만을 이용한 고장점 표정 알고리즘들이 개발되었다.[3~6]

병행 2회선의 경우 건전회선의 영향을 반영하기 위해서는 건전 타회선의 정보를 사용하여야 하지만 특히 국내의 환경에서는 이 정보를 사용하기에는 현실적인 어려움이 있다.

이러한 현실적 제약을 극복하고자 본 논문에서는 고장선로 자기단의 정보만을 이용한 고장점 표정을 위하여 상대단의 정상분 전류와 건전회선의 영상분 전류를 추정하는 전류분배계수를 구하는 방법을 제시하였으며, 이를 이용하여 전원 임피던스, 부하전류, 영상분 상호작용과 고장점 저항의 변화에 영향받지 않고 정확히 고장점을 표정하는 알고리즘을 제안하였다. 양단 배후 전원용량의 변화에 의한 영향을 포함하여 다양한 운전 및 고장조건에 대하여 알고리즘의 타당성을 검토하였다.

제안된 고장점 표정 알고리즘은 다음과 같은 단계로 이루어진다. 병행 2회선 송전선로에서 2개의 전압방정식을 세운 후, 고장점에서의 고장전류와 건전회선의 영상분 전류를 추정하는데 사용하기 위하여 정상분 전류분배계수와 영상분 전류분배계수를 구한다. 이를 계전기 설치점에서의 전압방정식에 대입하여 실수부와 허수부로 분리한 후, 고장점 저항을 소거하면 고장거리만이 미지수인 단일변수 함수가 됨으로 반복계산법을 적용하여 고장점을 표정한다.

본 논문에서는 1000여 가지의 사례 연구를 수행하였으며, 제시한 알고리즘은 154[kV], 25[km] 병행 2회선 송전선로에서 -50[%]~+50[%]의 전원임피던스 변화와 0~100[Ω]의 고장점 저항의 변화에 대하여 최대오차 2.47[%]의 정확한 결과를 보였다.

2. 본 론

2.1 기본 개념

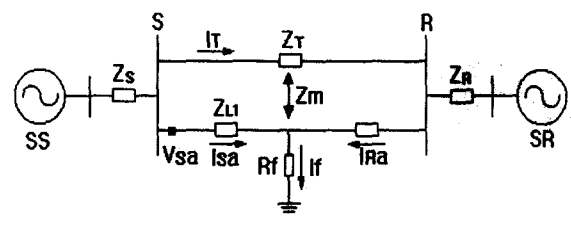

그림 1. 1선 지락 고장
Fig. 1. Single-Phase to Ground Fault

* 正 會 員 : 柳湖電氣工業(株) 主任硏究員 · 工碩
** 正 會 員 : 明知大 工大 電氣工學科 副敎授 · 工博
*** 正 會 員 : 明知大 工大 電氣工學科 助敎授 · 工博
§ 正 會 員 : 明知大 工大 電氣工學科 敎授 · 工博
接受日字 : 2000年 12月 20日
最終完了 : 2001年 3月 8日

그림 1은 병행 2회선 송전선로에 1선 지락고장 발생 시의 단선도이며, 제안된 알고리즘은 상대단과 건전회선의 정보를 필요로하지 않고 단지 계전기 설치점의 정보만을 이용한다.

표 1 기호 정의
Table 1 Nomenclature

기호	정 의	단위
Z_{S012}	전원 SS의 영상, 정상, 역상분 임피던스	[Ω]
Z_{R012}	전원 SR의 영상, 정상, 역상분 임피던스	[Ω]
Z_{L012}	고장회선의 영상, 정상, 역상분 임피던스	[Ω]
Z_{T012}	건전회선의 영상, 정상, 역상분 임피던스	[Ω]
Z_m	회선간 선로의 영상분 상호 임피던스	[Ω]
R_f	고장점 저항	[Ω]
I_f	고장점 전류	[A]
I_{f012}	고장점 영상, 정상, 역상분 전류	[A]
I_{S012}	자기단의 영상, 정상, 역상분 전류	[A]
I_{R012}	상대단의 영상, 정상, 역상분 전류	[A]
I_{T012}	건전회선의 영상, 정상, 역상분 전류	[A]
I_{f012}	고장점 영상, 정상, 역상분 전류	[A]
p	계전기 설치점으로부터 고장거리	[P.U]

그림 1에서 계전기 설치점에서의 전압방정식은 다음과 같다.

$$V_{Sa} = p[Z_{L1}I_{Sa} + (Z_{L0} - Z_{L1})I_{S0}] + pZ_mI_{T0} + R_fI_f \quad (1)$$

식 (1)에서 고장저항 R_f를 제외한 모든 임피던스는 기지값이다. a상 전류 I_{Sa}와 영상분 전류 I_{S0}는 계전기 설치점에서 얻을 수 있지만, 건전회선의 영상분 전류 I_{T0}와 고장점 전류 I_f는 단지 자기단의 정보만을 가지고는 얻을 수 없다. 따라서, I_{T0}와 I_f를 추정하기 위하여 고장후 회로에서 얻는 두 개의 전류분배계수를 이용한다.

영상분 전류분배계수는 건전회선의 영상분 전류 I_{T0}와 고장회선의 영상분 전류 I_{S0}의 전류분배비에 해당하는 임피던스이며, 정상분 전류분배계수는 자기단의 정상분 전류 I_{S1}과 상대단의 정상분 전류 I_{R1}의 전류분배비에 해당하는 임피던스로 표현된다.

전력계통의 부하전류에 의한 오차를 피하기 위하여 순수 정상분 고장 전류는 고장전 전류와 고장후 전류를 이용하여 구할 수 있다.

2.2 정상분 전류분배계수

그림 2에 사고후 정상분 임피던스도를 도시하였다. 그림 2에서 A 경로와 B 경로를 따라 다음과 같은 두 개의 방정식을 얻을 수 있다.

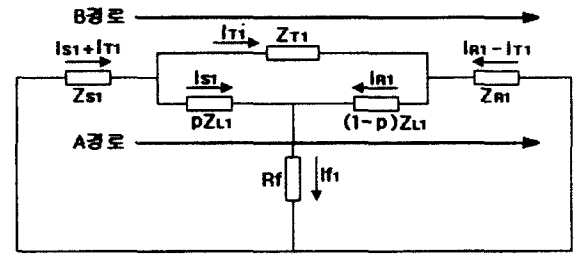

그림 2 정상분 회로
Fig. 2 Positive-sequence impedance diagram after a fault

$$\begin{aligned}(Z_{S1} + pZ_{L1})I_{S1} - [Z_{R1} + (1-p)Z_{L1}]I_{R1} \\ + (Z_{S1} + Z_{R1})I_{T1} = 0 \\ Z_{S1}I_{S1} - Z_{R1}I_{R1} + (Z_{S1} + Z_{R1} + Z_{T1})I_{T1} = 0\end{aligned} \quad (2)$$

위 두식에서 건전회선의 정상분 전류 I_{T1}을 소거하면 I_{S1}와 I_{R1}의 전류비에 해당하는 식 (3)을 구한다

$$\frac{I_{R1}}{I_{S1}} = \frac{Z_{S1}Z_{T1} + pZ_{L1}(Z_{S1} + Z_{R1} + Z_{T1})}{Z_{R1}Z_{T1} + (1-p)Z_{L1}(Z_{S1} + Z_{R1} + Z_{T1})} \quad (3)$$

고장점 전류의 정상분 I_{f1}은 I_{S1}와 I_{R1}의 합이므로, 자기단 정상분 전류와 고장점 정상분 전류비인 정상분 전류분배계수 CDF_{Sa1}는 다음과 같다.

$$CDF_{Sa1} = \frac{I_{S1}}{I_{f1}} = \frac{I_{S1}}{I_{S1} + I_{R1}} = \frac{pB_{Sa1} + C_{Sa1}}{A_{Sa1}} \quad (4)$$

여기서,

$$\begin{aligned}A_{Sa1} &= Z_{L1}(Z_{S1} + Z_{R1}) + Z_{T1}(Z_{S1} + Z_{R1} + Z_{L1}) \\ B_{Sa1} &= -Z_{L1}(Z_{S1} + Z_{R1} + Z_{T1}) \\ C_{Sa1} &= Z_{L1}(Z_{S1} + Z_{R1} + Z_{T1}) + (Z_{T1})(Z_{R1})\end{aligned}$$

식 (4)에서, 정상분 고장점 전류 I_{f1}는 전류분배계수와 자기단의 정상분 전류 I_{S1}로 나타낼 수 있다.

2.3 영상분 전류분배계수

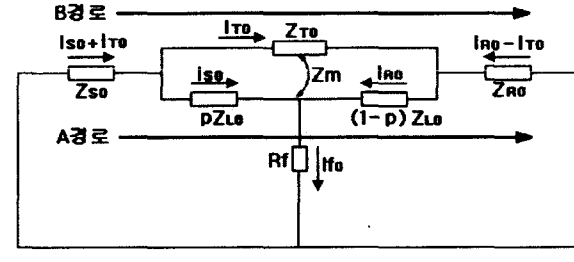

그림 3 영상분 회로
Fig. 3 Zero-sequence impedance diagram after a fault

정상분 분배계수를 구하는 과정과 마찬가지로 그림 3에서 A 경로와 B 경로를 따라서 다음의 방정식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}(Z_{S0}+pZ_{L0})I_{S0}-[Z_{R0}+(1-p)Z_{L0}]I_{R0}\\ +(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_m)I_{T0}=0\\ (Z_{S0}+pZ_m)I_{S0}-[Z_{R0}+(1-p)Z_m]I_{R0}\\ +(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_{T0})I_{T0}=0\end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)에서 건전회선의 영상분 전류 I_{T0}을 소거하면, 자기단과 상대단의 영상분전류분배계수 CDF_{Sa0}를 구할 수 있다.

$$CDF_{Sa0}=\frac{I_{S0}}{I_{f0}}=\frac{pB_{Sa0}+C_{Sa0}}{A_{Sa0}} \quad (6)$$

여기서,

$$\begin{aligned}A_{Sa0}&=(Z_{L0}-Z_m)(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_m)\\ &\quad+(Z_{T0}-Z_m)(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_{L0})\\ B_{Sa0}&=(Z_m-Z_{L0})(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_m)\\ &\quad-(Z_{T0}-Z_m)Z_{L0}\\ C_{Sa0}&=(Z_{L0}-Z_m)(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_m)\\ &\quad+(Z_{T0}-Z_m)(Z_{R0}+Z_{L0})\end{aligned}$$

또한 식 (5)에서 상대단의 영상분 전류 I_{R0}을 소거하면, 고장회선과 건전회선의 영상분 전류분배계수 CDF_{TS}를 구할 수 있다.

$$CDF_{TS}=\frac{I_{S0}}{I_{T0}}=\frac{pA_{ST}+B_{ST}}{pC_{ST}+D_{ST}} \quad (7)$$

여기서,

$$\begin{aligned}A_{ST}&=(Z_m-Z_{L0})(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_m)\\ &\quad-(Z_{T0}-Z_m)Z_{L0}\\ B_{ST}&=(Z_{L0}-Z_m)(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_m)\\ &\quad+(Z_{T0}-Z_m)(Z_{R0}+Z_{L0})\\ C_{ST}&=(Z_{L0}-Z_m)(Z_{S0}+Z_{R0})\\ D_{ST}&=(Z_m-Z_{L0})Z_{S0}\end{aligned}$$

식 (6)과 식 (7)에서 영상분 고장점 전류 I_{f0}와 건전회선의 영상분전류 I_{T0} 는 자기단의 영상분 전류 I_{S0}로 나타낼 수 있다. 또한, 고장점 전류 I_{f0}와 건전회선의 영상분전류 I_{T0}의 전류분배계수는 다음과 같다.

$$CDF_{T0}=\frac{I_{T0}}{I_{f0}}=\frac{pB_{T0}+C_{T0}}{A_{T0}} \quad (8)$$

여기서,

$$\begin{aligned}A_{T0}&=(Z_{L0}-Z_m)(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_m)\\ &\quad+(Z_{T0}-Z_m)(Z_{S0}+Z_{R0}+Z_m)\\ B_{T0}&=(Z_{L0}-Z_m)(Z_{S0}+Z_{R0})\\ C_{T0}&=(Z_m-Z_{L0})Z_{S0}\end{aligned}$$

2.4 고장점 표정 알고리즘 I (정상분 이용)

계전기 설치점에서의 전압방정식인 식 (1)을 식 (4)와 식 (7)을 이용하여 변형하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}V_{Sa}=p[Z_{L1}I_{Sa}+(Z_{L0}-Z_{L1})I_{S0}]\\ +pZ_m\frac{I_{S0}}{CDF_{TS}}+R_f\frac{3I_{S1}}{CDF_{Sa1}}\end{aligned} \quad (9)$$

식 (9)를 정리하면 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}(a_3+jb_3)p^3+(a_2+jb_2)p^2+[a_1+jb_1+(c_1+jd_1)R_f]p\\ +[a_0+jb_0+(c_0+jd_0)R_f]=0\end{aligned} \quad (10)$$

여기서,

$$\begin{aligned}a_3+jb_3&=IZ_{L1}B_{Sa1}A_{ST}+I_{S0}Z_mB_{Sa1}C_{ST}\\ a_2+jb_2&=IZ_{L1}B_{Sa1}B_{ST}+IZ_{L1}C_{Sa1}A_{ST}-V_{Sa}B_{Sa1}A_{ST}\\ &\quad+I_{S0}Z_mB_{Sa1}D_{ST}+I_{S0}Z_mC_{Sa1}C_{ST}\\ a_1+jb_1&=IZ_{L1}C_{Sa1}B_{ST}-V_{Sa}B_{Sa1}B_{ST}\\ &\quad-V_{Sa}C_{Sa1}A_{ST}+I_{S0}Z_mC_{Sa1}D_{ST}\\ a_0+jb_0&=-V_{Sa}C_{Sa1}B_{ST}\\ c_1+jd_1&=3I_{S1}A_{Sa1}A_{ST}\\ c_0+jd_0&=3I_{S1}A_{Sa1}C_{ST}\\ I&=I_{Sa}+\frac{Z_{L0}-Z_{L1}}{Z_{L1}}I_{S0}\end{aligned}$$

식 (10)을 실수부와 허수부로 분리하면, 2개의 비선형 방정식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}a_3p^3+a_2p^2+(a_1+c_1R_f)p+(a_0+c_0R_f)=0\\ b_3p^3+b_2p^2+(b_1+d_1R_f)p+(b_0+d_0R_f)=0\end{aligned} \quad (11)$$

위의 두 식에서 고장저항 R_f를 소거하면 고장거리 p 에 관한 4차 비선형 방정식을 얻을 수 있다.

$$p^4+k_1p^3+k_2p^2+k_3p+k_4=0 \quad (12)$$

여기서,

$$\begin{aligned}k_1&=(a_2d_1-b_2c_1+a_3d_0-b_3c_0)/(a_3d_1-b_3c_1)\\ k_2&=(a_1d_1-b_1c_1+a_2d_0-b_2c_0)/(a_3d_1-b_3c_1)\\ k_3&=(a_0d_1-b_0c_1+a_1d_0-b_1c_0)/(a_3d_1-b_3c_1)\\ k_4&=(a_0d_0-b_0c_0)/(a_3d_1-b_3c_1)\end{aligned}$$

고장거리 p는 Newton-Rapson 반복계산법을 이용하여 구한다.

2.5 고장점 표정 알고리즘 II (순수 고장분 이용)

계전기 설치점에서의 a상 전류 I_{Sa}는 순수 고장전류 I_{Saf}과 부하전류 I_{SaL}의 합이므로, 식 (1)을 다시 표현하면 다음과 같다.

$$V_{Sa}=p[Z_{L1}(I_{Saf}+I_{SaL})+(Z_{L0}-Z_{L1})I_{S0}+Z_mI_{T0}]+I_fR_f \quad (13)$$

식 (13)의 양변을 I_{Saf}로 나누면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\frac{V_{Sa}}{I_{Saf}}=p[Z_{L1}(1+\frac{I_{SaL}}{I_{Saf}})+(Z_{L0}-Z_{L1})\frac{I_{S0}}{I_{Saf}}]\\ +pZ_m\frac{I_{T0}}{I_{Saf}}+R_f\frac{I_f}{I_{Saf}}\end{aligned} \quad (14)$$

계전기 설치점에서 순수 고장전류 I_{Saf}는 영상분, 정상분, 역상분 전류의 합이므로 이를 고장점 전류와 영상분, 정상분, 역상분 전류분배계수로 나타내면 다음과 같다.

$$I_{Saf} = I_{S0} + I_{S1} + I_{S2} = (CDF_{Sa0} I_{f0} + CDF_{Sa1} I_{f1} + CDF_{Sa2} I_{f2}) = (CDF_{Sa0} + 2CDF_{Sa1}) I_{f1} \quad (15)$$

식 (15)로 부터 다음과 같은 새로운 전류분배계수를 구한다.

$$CDF_{Sa} = \frac{I_{Saf}}{I_{f1}} = CDF_{Sa0} + 2CDF_{Sa1} = \frac{pB_{Sa} + C_{Sa}}{A_{Sa}} \quad (16)$$

여기서,

$$A_{Sa} = A_{Sa0} A_{Sa1}$$
$$B_{Sa} = B_{Sa0} A_{Sa1} + 2B_{Sa1} A_{Sa0}$$
$$C_{Sa} = C_{Sa0} A_{Sa1} + 2C_{Sa1} A_{Sa0}$$

식 (6), (8)과 식 (16)에서 다음을 유도할 수 있다.

$$\frac{I_{Sa0}}{I_{Saf}} = \frac{A_{Sa}}{A_{Sa0}} \frac{pB_{Sa0} + C_{Sa0}}{pB_{Sa} + C_{Sa}}$$
$$\frac{I_{T0}}{I_{Saf}} = \frac{A_{Sa}}{A_{T0}} \frac{pB_{T0} + C_{T0}}{pB_{Sa} + C_{Sa}} \quad (17)$$
$$\frac{I_f}{I_{Saf}} = \frac{3A_{Sa}}{pB_{Sa} + C_{Sa}}$$

식 (14)에 식 (17)을 대입하여 p에 관하여 정리하면 고장거리 p에 관한 2차 방정식을 얻을 수 있다.

$$(x_1 + jy_1)p^2 + (x_2 + jy_2)p + (x_3 + jy_3) + (x_4 + jy_4)R_f = 0 \quad (18)$$

여기서,

$$x_1 + jy_1 = Z_{L1}(1 + \frac{I_{SaL}}{I_{Saf}})B_{Sa} + (Z_{L0} - Z_{L1})\frac{A_{Sa}}{A_{Sa0}} B_{Sa0} + Z_m \frac{A_{Sa}}{A_{T0}} B_{T0}$$
$$x_2 + jy_2 = Z_{L1}(1 + \frac{I_{SaL}}{I_{Saf}})C_{Sa} + (Z_{L0} - Z_{L1})\frac{A_{Sa}}{A_{Sa0}} C_{Sa0} + Z_m \frac{A_{Sa}}{A_{T0}} C_{T0} - \frac{V_{Sa}}{I_{Sa}} B_{Sa}$$
$$x_3 + y_3 = -\frac{V_{Sa}}{I_{Saf}} C_{Sa}$$
$$x_4 + y_4 = 3A_{Sa}$$

식 (18)을 실수부와 허수부로 분리하면 다음과 같다.

$$x_1 p^2 + x_2 p + x_3 + x_4 R_f = 0$$
$$y_1 p^2 + y_2 p + y_3 + y_4 R_f = 0 \quad (19)$$

식 (19)에서 고장저항 R_f 를 소거하여 정리하면,

$$(x_1 - y_1 \frac{x_4}{y_4})p^2 + (x_2 - y_2 \frac{x_4}{y_4})p + (x_3 - y_3 \frac{x_4}{y_4}) = 0 \quad (20)$$

고장거리 p는 2차방정식의 근의 공식을 사용하여 구한다.

3. 사례 연구

3.1 예제 계통

본 논문에서 제시한 계전 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 그림 4.에 도시한 154[kV] 병행 2회선 송전선로를 EMTP(Electromagnatic Transients Program)를 이용하여 모의하였으며, 계통 데이터는 표 2와 같다.

알고리즘 시험 데이터는 1선 지락고장 시에 고장지점(0.1~0.9[PU]) 8가지, 고장저항(0~100[Ω]) 12가지로 96(=8×12)가지를 생성하였으며, 전원임피던스 변화에 대한 영향을 보기 위하여 -50[%]~+50[%]의 20단계로 변화를 주었다. 따라서 알고리즘 별로 1920(=8×12×20) 경우를 시험하였다.

고장저항과 부하전류의 영향을 고려하기 위하여 양단 전원의 상차각을 30° 로 하였다.

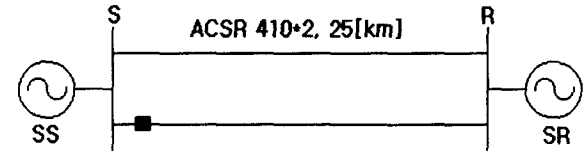

그림 4 시험 계통
Fig. 4 Model System

표 2 시험 계통 데이터
Table 2 Model System Data

구 분		정상분(역상분) 임피던스	영상분 임피던스	
			Self	Mutual
전원 [Ω]	SS	0.5331+j4.1106	1.8699+j10.089	-
	SR	2.2631+j13.2265	17.658+j45.774	-
선로[Ω/km]		0.0436+j0.3445	0.2380+j1.0443	0.1948+j0.563

전압, 전류 데이터는 60[Hz] 계통에서 주기 당 36샘플링(2160[Hz]) 하였으며, 중첩방지(anti-aliasing)를 위하여 차단주파수 960[Hz], 이득 0.1의 저역 필터을 통과한 후, 한 주기 이산푸리에 변환(Discrete Fourier Transform)을 사용하여 전력 주파수 성분을 추출하였다.

오차는 전체 선로길이에 대한 백분율로 나타내었다.

$$Error[\%] = \frac{\text{추정고장거리} - \text{실제고장거리}}{\text{전체선로길이}} \times 100 \quad (21)$$

3.2 시험 결과

3.2.1 고장저항과 고장거리 변화

제안된 알고리즘을 자기단과 상대단의 전원임피던스를 고정한 상태에서 고장저항과 고장거리를 변화시켰을 때의 결과를 그림 5와 그림 6에 도시하였다. 그림 5에서 제안한 알고리즘I(정상분 이용)은 상대단 근처에서 고장이 발생하였을 때 최대 0.14[%]의 오차를 나타내었으며, 그림 6에서 알고리즘II(순수 고장분 이용) 역시 상대단 근처에서 고장저항

100[Ω]이 개입한 고장이 발생하였을 때 최대 -0.34[%]의 오차를 나타내었다. 시험 결과를 비교해 보면 알고리즘I 이 알고리즘II 보다 작은 오차를 가지므로 이하의 결과는 알고리즘I(정상분 이용)의 결과만 도시하였다.

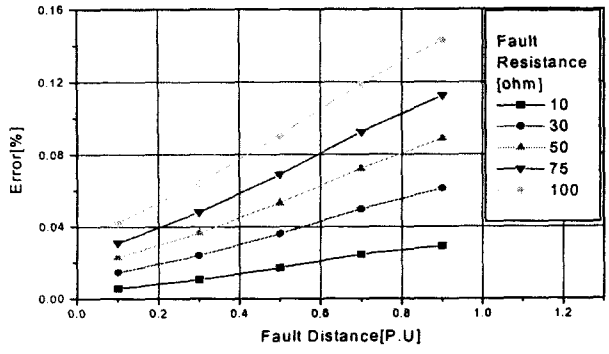

그림 5 고장지점과 고장저항 변화에 대한 오차(정상분이용)
Fig. 5 Fault location error with varying fault resistance and fault distance.(Using a positive-squence circuit)

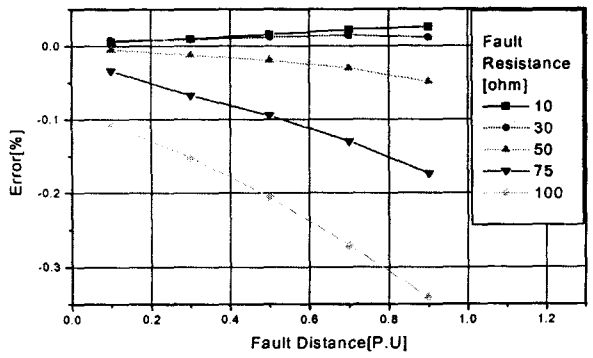

그림 6 고장지점, 고장저항 변화에 대한 오차 (순수 고장분 이용)
Fig. 6 Fault location error with varying fault resistance and fault distance.(Using a Post-fault current)

3.2.2 전원임피던스 변화I(알고리즘 세팅값의 변화)

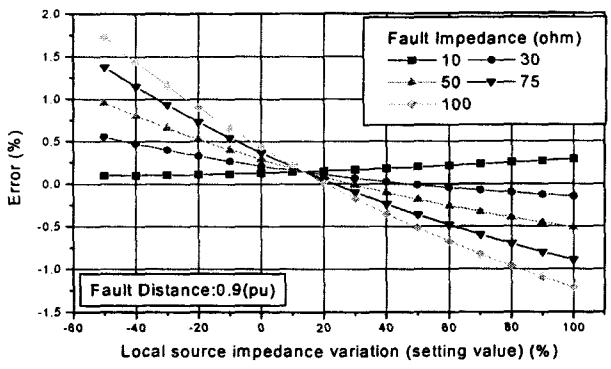

그림 7 전원임피던스(셋팅값) 변화에 따른 오차
Fig. 7 Fault location error with varying source impedance setting value

그림 7은 시험계통의 전원임피던스를 변화시키지 않고, 알고리즘이 사용하는 전원임피던스 세팅값의 변화에 대한 영향을 도시하였다. 자기단 전원임피던스는 고정하고 상대단의 전원임피던스를 -50[%]~+100[%] 변화시켰을 때, 최대 1.72[%]의 오차를 보였다.

3.2.3 전원임피던스 변화II(계통의 임피던스 변화)

경험적인 관점에 의하면, 계전기 설치점 배후와 상대단의 전원 임피던스는 계속적으로 변화한다. 이러한 전원임피던스의 변화에 대한 영향을 위하여, 모델계통의 양단 전원임피던스를 -50[%]~+50[%]까지 변화시켜 제안된 알고리즘을 시험하였다. 전원임피던스 -50[%]는 전원용량의 2배 증가를 의미하며, +50[%]는 전원용량의 2/3 감소를 의미한다.

그림 8에서 그림 12는 자기단의 전원임피던스가 -50[%], -20[%], 0[%], +20[%], +50[%] 변화하였을 때 상대단의 전원임피던스 변화에 대한 영향을 도시하였다. 자기단 전원임피던스가 50[%] 증가하고, 상대단의 전원임피던스가 50[%] 감소하였을 때, 고장저항 100[Ω]이 개입한 고장에서 최대 2.47[%]의 오차를 보였다.

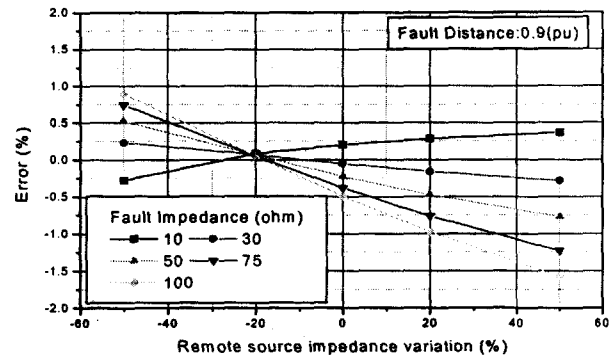

그림 8 상대단 전원임피던스 변화에 따른 오차 (자기단 전원임피던스 변화 -50%)
Fig. 8 Fault location error with varying remote source impedance (local source impedance variation is -50%)

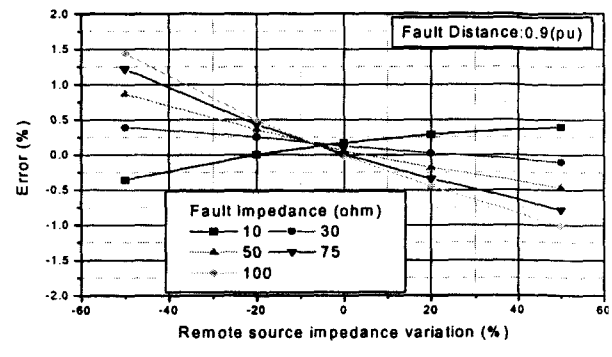

그림 9 상대단 전원임피던스 변화에 따른 오차 (자기단 전원임피던스 변화 -20%)
Fig. 9 Fault location error with varying remote source impedance (local source impedance variation is -20%)

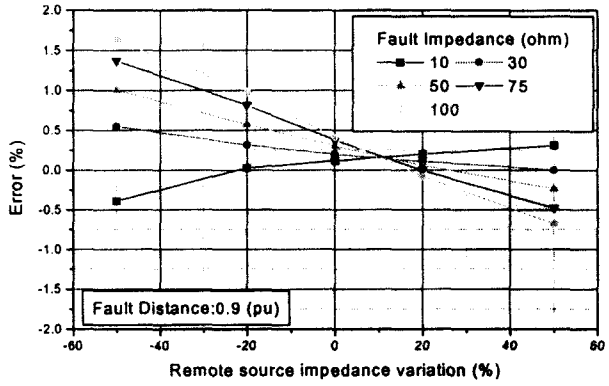

그림 10 상대단 전원임피던스 변화에 따른 오차
(자기단 전원임피던스 변화없음)

Fig. 10 Fault location error with varying remote source impedance (local source impedance unchanged)

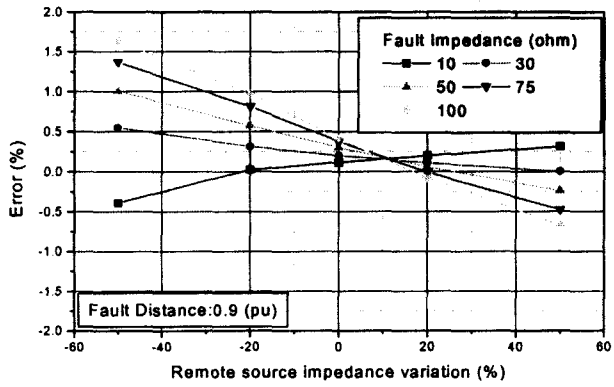

그림 11 상대단 전원임피던스 변화에 따른 오차
(자기단 전원임피던스 변화 +20%)

Fig. 11 Fault location error with varying remote source impedance (local source impedance variation is +20%)

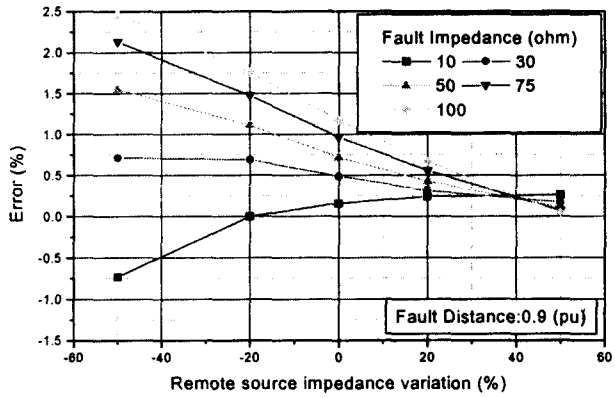

그림 12 상대단 전원임피던스 변화에 따른 오차
(자기단 전원임피던스 변화 +50%)

Fig. 12 Fault location error with varying remote source impedance (local source impedance variation is +50%)

4. 결 론

본 논문에서는 병행 2회선 송전선로에서 고장발생 시에 정확한 고장점 표정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 결론은 다음과 같다.

(1) 자기회선의 계전기 설치 점 정보만을 가지고 고장점을 표정하기 위하여 고장발생 시에 전류분포를 예측할 수 있는 전류분배계수를 구하는 방법을 보였다.

(2) 제안된 방법은 단지 자기단의 정보만을 이용하였기 때문에 건전회선의 영상분 정보와 상대단의 정보를 이용하기 어려운 경우에 유용한 방법이다.

(3) 고장점 저항 및 건전회선 영상분 전류에 의한 영상분 상호작용과 전원임피던스의 변화에 강인하다. 사례연구 결과에 따르면, 전원임피던스 -50[%]~+50[%], 고장점 저항 0~100[Ω]의 변화에 대해서 최대 2.47[%]의 오차를 보였다.

계전기 설치 점의 정보만을 사용하는 우리 나라의 상황을 고려하면, 제시된 고장점 표정 알고리즘은 고장점 표정에 있어 아주 유용한 방법이라 사료된다.

참 고 문 헌

[1] A. T. Johns, S. Jamali, "Accurate Fault Location Technique for Power Transmission Lines", IEE Proceedings, Vol. 137, Pt. C, No. 6, pp.395-402, November 1990

[2] R. K. Aggarwal, D. V. Coury, A. T. Johns, A. Kalam, "A Practical Approach to Accurate Fault Location on Extra High Voltage Teed Feeders", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 3, pp.874-883, July 1993

[3] Y. Liao, S. Elangovan, "Digital Distance Relaying Algorithm for First-zone Protection for Parallel Transmission Lines", IEE Proceedings-Generation Transmission and Distribution, Vol. 145, No. 5, pp.531-536, September 1998

[4] Zhang Qingchao, Zhang Yao, Song Wennan, Fang Dazhong, "Transmission Line Fault Location for Single-phase-to-earth Fault on Non-direct-ground Neutral System", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 13, No. 4, pp.1086-1092, October 1998

[5] Zhang Qingchao, Zhang Yao, Song Wennan, Yu Yixin, Wang Zhigang, "Fault Location of Two-parallel Transmission Line for Non-earth Fault Using One-terminal Data", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, No. 3, pp.863-867, July 1999

[6] M. B. Djuric, Z. M. Radojevic, V. V. Terzija, "Distance Protection and Fault Location Utilizing Only Phase Current Phasors", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 13, No. 4, pp.1020-1026, October 1998

저 자 소 개

안 용 진 (安 龍 珍)

1968년 9월 24일 생. 1998년 명지대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 현재 유호전기공업(주) 부설 연구소 주임연구원.

Tel : 031-871-8801 ex)289, Fax : 031-871-8810
E-mail : yjahn@youho.co.kr

강 상 희 (姜 相 熙)

1962년 생. 1985년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 명지대학교 공대 전기정보제어공학부 부교수.

Tel : 031-330-6364, Fax : 031-321-0271
E-mail : shkang@mju.ac.kr

최 면 송 (崔 勉 松)

1967년 4월 9일 생. 1989년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 명지대학교 공대 전기정보제어공학부 조교수.

Tel : 031-330-6367, Fax : 031-321-0271
E-mail : mschoi@mju.ac.kr

이 승 재 (李 承 宰)

1955년 11월 30일 생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 Univ. of Washington 전기공학과 졸업(공박). 현재 명지대 전기정보제어공학부 교수.

Tel : 031-330-6362, Fax : 031-321-0271
E-mail : sjlee@mju.ac.kr