2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2004.7.14-16

765kV 비연가 송전선로에서 단상지락고장 시에 거리계전 알고리즘

안 용 진* 강 상 희**
*유호전기공업(주) **명지대 차세대전력기술연구센터

A New Distance Relaying Algorithm for Phase-to-Ground Fault in 765kV Untransposed Transmission Lines

YONG-JIN AHN* SANG-HEE KANG**
*Youho Elec. Ind. Co., LTD **Myongji University NPTC Center

Abstract - An accurate digital distance relaying algorithm which is immune to reactance effect of the fault resistance and the load current for phase-to-ground fault in 765kV untransposed transmission lines is proposed. The algorithm can estimate adaptively the impedance to a fault point independent of the fault resistance. To compensate the magnitude and phase of the apparent impedance, this algorithm uses the angle of an impedance deviation vector. The impedance correction algorithm for phase-to-ground fault uses a voltage equation at fault point to compensate the fault current at fault point. A series of tests using EMTP output data in a 765kV untransposed transmission lines have proved the accuracy and effectiveness of the proposed algorithm.

1. 서 론

765kV 비연가 송전계통에서는 송전선에 6복도체를 적용하고 있는데 선로의 정상 정전용량이 매우 커져서 이로 인한 보호 상의 문제점이 발생한다. 즉, 큰 충전전류 때문에 송수전 양단간에 차전류가 생겨서 고장 검출이 어려워지며, 고장의 발생, 제거 시에 생기는 과도적 진동전류, 특히 저차고조파분의 전류는 거리계전기의 오동작을 유발한다. 또한, 선로의 저항분이 적어서 회로의 시정수가 길어지므로 고장전류 중에 긴 시정수를 가진 직류분 전류가 포함되어 이에 의한 변류기 포화로 거리계전기의 오동작을 가져올 것으로 예상된다[1]. 현재 운영중인 송전선로 보호계전기의 리치 측정은 연가된 송전선로를 전제로 하고 있으며, 비연가 병행회선 송전선로의 경우는 불평형 상호 인덕턴스 때문에 측정 오차가 발생한다. 거리계전기의 경우에 인접회선의 전류보상이 없을 경우 언더리치 현상이 발생하며, 인접회선의 영상전류보상 기능도 인접회선 고장 시에 오버리치 현상 때문에 적용하지 못할 것으로 예상된다[2]. 본 논문에서는 765kV 비연가 송전선로에서 단상지락고장 발생시에 리액턴스 효과를 제거한 거리계전 알고리즘을 제시한다.

2. 본 론

만약 보호구간의 경계지점에서 저항을 포함하는 고장이 발생하면, 리액턴스 효과에 의하여 계전기는 오·부동작을 일으킨다[3].

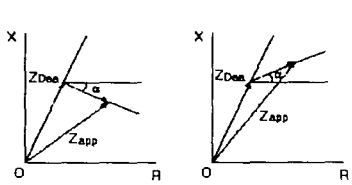

그림 1 추정임피던스 특성

그림 1은 고장 시에 계전기가 추정하는 임피던스 특성을 도시한 것으로, 리액턴스 효과에 의해서 추정임피던스는 실제 선로임피던스와 크기와 위상의 차이를 갖는다. 리액턴스 효과는 부하전류, 고장위치, 고장타입과 고장저항의 크기에 의존한다.

표 1에 본 논문에서 사용하는 기호를 정리하였다.

표 1 기호정의

기 호	정 의	단위
V_{Sa}, V_{Sb}, V_{Sc}	자기단에서의 a, b, c상 전압	V
I_{Sa}, I_{Sb}, I_{Sc}	자기단에서의 a, b, c상 전류(고장회선)	A
I_{Ra}, I_{Rb}, I_{Rc}	상대단에서의 a, b, c상 전류(고장회선)	A
I_{Ta}, I_{Tb}, I_{Tc}	자기단에서의 a, b, c상 전류(인접회선)	A
I_{fa}, I_{fbc}	고장점 전류	A
Z_{xx}	송전선로의 자기 및 상호 임피던스(단위길이)	Ω/km
Z_{Lxx}	송전선로의 자기 및 상호 임피던스(전체길이)	Ω
Z_{Dxx}	계전기 설치점에서 고장점까지 선로 임피던스	Ω
R_f	고장점 저항	Ω
d	계전기 설치점에서 고장점까지 거리	P.U

2.1 거리계전 알고리즘

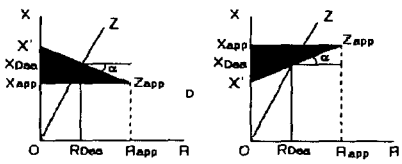

그림 2 임피던스 보정

추정임피던스 $Z_{app}(R_{app}, X_{app})$와 위상각 α를 안다면, 리액턴스 효과를 제거한 계전기 설치점에서 고장점 까지의 실제 선로임피던스 $Z_{Dea}(R_{Dea}, X_{Dea})$를 구할 수 있다. 그림 2에서 직선 Z_{app}-X'와 직선 O-Z(선로)의 교점이 선로임피던스임을 확인할 수 있다[3].

$$R_{Dea} = \frac{X'}{X_{ea}/R_{ea} - (X_{app} - X')/R_{app}} \quad (1)$$

$$X_{Dea} = \frac{X_{ea}}{R_{ea}} \cdot \frac{X'}{X_{ea}/R_{ea} - (X_{app} - X')/R_{app}}$$

$$X' = X_{app} \pm R_{app} \cdot \tan\alpha \quad (2)$$

2.2 단상 지락 고장

단상지락고장 시에 거리계전기가 추정하는 임피던스는 다음과 같다.

$$Z_{app} = \frac{V_{app}}{I_{app}} \quad (3)$$

여기서,

$$V_{app} = V_{Sa}$$

$$I_{app} = \left(1 \; \frac{Z_{Dab}}{Z_{Dea}} \; \frac{Z_{Dac}}{Z_{Dea}}\right)\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} + \left(\frac{Z_{Dea'}}{Z_{Dea}} \; \frac{Z_{Deb'}}{Z_{Dea}} \; \frac{Z_{Dec'}}{Z_{Dea}}\right)\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix}$$

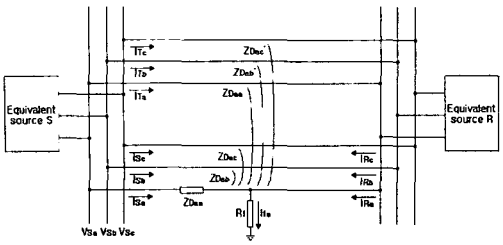

그림 3 단상지락고장 시 계통도 I

그림 3은 단상지락고장 시에 고장저항이 개입한 전형적인 경우이며, 계전기 설치 점에서 전압방정식은 다음과 같다.

$$V_{Sa} = \left(Z_{Daa}\ Z_{Dab}\ Z_{Dac}\right)\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} + \left(Z_{Daa'}\ Z_{Dab'}\ Z_{Dac'}\right)\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix} + R_f I_{fa}$$
$$= Z_{Daa}\left\{\left(1\ \frac{Z_{Dab}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} + \left(\frac{Z_{Daa'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dab'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac'}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix}\right\} + R_f I_{fa} \quad (4)$$

식 (3)과 (4)에서 다음을 유도할 수 있다.

$$Z_{app} = Z_{Daa} + R_f \frac{I_{fa}}{\left(1\ \frac{Z_{Dab}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} + \left(\frac{Z_{Daa'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dab'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac'}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix}}$$
$$= Z_{Daa} + R_f \left|\frac{I_{fa}}{\left(1\ \frac{Z_{Dab}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} + \left(\frac{Z_{Daa'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dab'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac'}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix}}\right| e^{j\alpha} \quad (5)$$

여기서,

$$\alpha = Arg\left\{\frac{I_{fa}}{\left(1\ \frac{Z_{Dab}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} + \left(\frac{Z_{Daa'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dab'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac'}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix}}\right\} \quad (6)$$

식 (5)와 (6)에서 계전기가 추정하는 임피던스는 실제 선로 임피던스 Z_{Daa}에 R_f가 포함된 항만큼 크기와 위상의 오차를 갖는다.

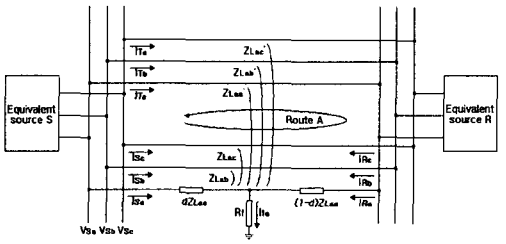

그림 4 단상지락고장 시 계통도 II

식 (6)에 미지값 I_{fa}를 구하기 위하여 다음의 과정을 서술한다. 먼저, 그림 4의 Route A에 각 상별로 KVL을 적용하여 다음을 유도한다[4].

$$d\begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} - (1-d)\left\{\begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_{Ra} \\ I_{Rb} \\ I_{Rc} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{12} \\ b_{13} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix}\right\} = 0 \quad (7)$$

$$d\begin{pmatrix} a_{21} \\ a_{22} \\ a_{23} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} - (1-d)\left\{\begin{pmatrix} a_{21} \\ a_{22} \\ a_{23} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_{Ra} \\ I_{Rb} \\ I_{Rc} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{21} \\ b_{22} \\ b_{23} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix}\right\} = 0 \quad (8)$$

$$d\begin{pmatrix} a_{31} \\ a_{32} \\ a_{33} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} - (1-d)\left\{\begin{pmatrix} a_{31} \\ a_{32} \\ a_{33} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_{Ra} \\ I_{Rb} \\ I_{Rc} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{31} \\ b_{32} \\ b_{33} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix}\right\} = 0 \quad (9)$$

여기서,

$$\begin{pmatrix} a_{11}\ a_{12}\ a_{13} \\ a_{21}\ a_{22}\ a_{23} \\ a_{31}\ a_{32}\ a_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{Laa} - Z_{La'a}\ Z_{Lab} - Z_{La'b}\ Z_{Lac} - Z_{La'c} \\ Z_{Lba} - Z_{Lb'a}\ Z_{Lbb} - Z_{Lb'b}\ Z_{Lbc} - Z_{Lb'c} \\ Z_{Lca} - Z_{Lc'a}\ Z_{Lcb} - Z_{Lc'b}\ Z_{Lcc} - Z_{Lc'c} \end{pmatrix}$$
$$\begin{pmatrix} b_{11}\ b_{12}\ b_{13} \\ b_{21}\ b_{22}\ b_{23} \\ b_{31}\ b_{32}\ b_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{Laa'} - Z_{La'a'}\ Z_{Lab'} - Z_{La'b'}\ Z_{Lac'} - Z_{La'c'} \\ Z_{Lba'} - Z_{Lb'a'}\ Z_{Lbb'} - Z_{Lb'b'}\ Z_{Lbc'} - Z_{Lb'c'} \\ Z_{Lca'} - Z_{Lc'a'}\ Z_{Lcb'} - Z_{Lc'b'}\ Z_{Lcc'} - Z_{Lc'c'} \end{pmatrix}$$

미지 값인 상대단 전류 I_{Ra}는 식 (7), (8)과 (9)를 정리하여 구한다.

$$I_{Ra} = \frac{dm_{11}I_{Sa} + m_{12}I_{Ta} + m_{13}I_{Tb} + m_{14}I_{Tc}}{(1-d)m_{11}} \quad (10)$$

여기서,

$$m_{11} = (a_{33}a_{12} - a_{13}a_{32})(a_{23}a_{11} - a_{13}a_{21}) - (a_{23}a_{12} - a_{13}a_{22})(a_{33}a_{11} - a_{13}a_{31})$$
$$m_{12} = (a_{33}a_{12} - a_{13}a_{32})(a_{23}b_{11} - a_{13}b_{21}) - (a_{23}a_{12} - a_{13}a_{22})(a_{33}b_{11} - a_{13}b_{31})$$
$$m_{13} = (a_{33}a_{12} - a_{13}a_{32})(a_{23}b_{12} - a_{13}b_{22}) - (a_{23}a_{12} - a_{13}a_{22})(a_{33}b_{12} - a_{13}b_{32})$$
$$m_{14} = (a_{33}a_{12} - a_{13}a_{32})(a_{23}b_{13} - a_{13}b_{23}) - (a_{23}a_{12} - a_{13}a_{22})(a_{33}b_{13} - a_{13}b_{33})$$

따라서, 고장점 전류 I_{fa}는 다음과 같다.

$$I_{fa} = I_{Sa} + I_{Ra} = \frac{m_{11}I_{Sa} + m_{12}I_{Ta} + m_{13}I_{Tb} + m_{14}I_{Tc}}{(1-d)m_{11}} \quad (11)$$

식 (6)에 식 (11)에서 구한 I_{fa}를 대입하여 정리하면 위상각 α는 다음과 같다.

$$\alpha = Arg\left\{\frac{\frac{m_{11}I_{Sa} + m_{12}I_{Ta} + m_{13}I_{Tb} + m_{14}I_{Tc}}{(1-d)m_{11}}}{\left(1\ \frac{Z_{Dab}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Sa} \\ I_{Sb} \\ I_{Sc} \end{pmatrix} + \left(\frac{Z_{Daa'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dab'}}{Z_{Daa}}\ \frac{Z_{Dac'}}{Z_{Daa}}\right)\begin{pmatrix} I_{Ta} \\ I_{Tb} \\ I_{Tc} \end{pmatrix}}\right\} \quad (12)$$

식 (3)과 식 (12)에서 추정임피던스 Z_{app}와 위상각 α를 구하였으므로, 식 (1)을 사용하여 리액턴스 효과를 제거한 거리계전 알고리즘을 구현할 수 있다. 식 (12)의 미지값 d는 고장시에 리액턴스 성분이 리액턴스 효과에 적게 영향 받으므로 다음의 식을 초기값으로 사용한다.

$$d = \frac{X_{app}}{X_{Laa}} \quad (13)$$

3. 사례 연구

3.1 시험계통

본 논문에서 제시한 거리계전 알고리즘을 검증하기 위하여 그림 3에 도시한 765kV, 137.374(km)의 비연가 송전선로를 EMTP의 Line Constants[5]를 이용하여 모의하여 모의하였으며, 시험계통의 전원 데이터는 표 2에 도시하였고, 부하전류의 영향을 고려하기 위하여 양단 전원의 상차각은 10°로 하였다.

표 2 시험계통 전원 데이터(Ω)

구 분	S 모선	R 모선
정상분	0.7607925+j35.9328150	1.5801075+j42.487335
역상분	0.7607925+j35.7572475	1.5801075+j42.136200
영상분	3.2772600+j39.9708675	6.905655+j62.5605525

표 3 765kV 송전선로의 선로정수

구 분		a	b	c	a′	b′	c′
저항(Ω/km)	a	0.0529	0.0383	0.0366	0.0358	0.0366	0.0374
	b	0.0383	0.0469	0.0362	0.0359	0.0362	0.0366
	c	0.0366	0.0362	0.0466	0.0362	0.0359	0.0358
	a′	0.0358	0.0359	0.0362	0.0466	0.0362	0.0366
	b′	0.0366	0.0362	0.0359	0.0362	0.0469	0.0383
	c′	0.0374	0.0366	0.0358	0.0366	0.0383	0.0529
인덕턴스(Ω/km)	a	0.4302	0.1569	0.1223	0.1059	0.1149	0.1055
	b	0.1569	0.4902	0.1962	0.1477	0.1481	0.1149
	c	0.1223	0.1962	0.5156	0.1696	0.1477	0.1059
	a′	0.1059	0.1477	0.1696	0.5156	0.1962	0.1223
	b′	0.1149	0.1481	0.1477	0.1962	0.4902	0.1569
	c′	0.1055	0.1149	0.1059	0.1223	0.1569	0.4302
캐패시턴스(F/km)	a	1.2E-08	-2.3E-09	-7.6E-10	-4.0E-10	-8.2E-10	-1.3E-09
	b	-2.3E-09	1.2E-08	-2.4E-09	-8.0E-10	-1.0E-09	-8.2E-10
	c	-7.6E-10	-2.4E-09	1.1E-08	-1.2E-09	-8.0E-10	-4.0E-10
	a′	-4.0E-10	-8.0E-10	-1.2E-09	1.1E-08	-2.4E-09	-7.6E-10
	b′	-8.2E-10	-1.0E-09	-8.0E-10	-2.4E-09	1.2E-08	-2.3E-09
	c′	-1.3E-09	-8.2E-10	-4.0E-10	-7.6E-10	-2.3E-09	1.2E-08

제안된 알고리즘의 시험을 위한 거리계전기는 전체선로(137.374[km])의 80(%)지점(109.899[km])까지를 보호구간으로 선정하였으며, 전압과 전류 데이터는 60(Hz)

계통에서 주기당 96샘플링(5760[Hz]) 하였으며, 중첩방지(anti-aliasing) 및 고조파 제거를 위하여 차단주파수 300(Hz), 이득 0.1의 저역필터를 통과한 후, 한 주기 이산푸리에 변환(Discrete Fourier Transform)을 사용하여 전력주파수 성분을 추출하였다. 오차는 실제값에 대한 추정값의 백분율로 나타내었다.

3.2 제시한 알고리즘의 시험결과

표 4와 5는 고장위상각 0(°)와 90(°)에서 리액턴스 효과를 제거한 거리계전 알고리즘의 시험결과이다. 고장저항이 개입하지 않았을 경우에 양호한 결과를 보였으며, 개입한 경우에도 리액턴스 효과 제거를 통하여 양호한 결과를 보였다. 고장 위상각 0(°), 고장저항 20(Ω), 고장거리 80(%) 지점에서 a상지락고장 시에 최대 3.82(%)의 오차를 보였다.

표 4 제시한 알고리즘의 계산 오차(고장위상각 0(°))

고장상	고장지점	고장저항	저 항(Ω)		리액턴스(Ω)		오차(%)
			실제값	추정값	실제값	추정값	
a	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.7267	0.7472	5.9095	6.0769	2.83
		20(Ω)	0.7267	0.7447	5.9095	6.0564	2.48
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.9067	2.9916	23.6382	24.3290	2.92
		20(Ω)	2.9067	2.9777	23.6382	24.2155	2.44
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.8134	6.0291	47.2763	49.0311	3.71
		20(Ω)	5.8134	6.0359	47.2763	49.0863	3.82
b	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.6445	0.6472	6.7347	6.7632	0.42
		20(Ω)	0.6445	0.6417	6.7347	6.7055	-0.43
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.5779	2.5854	26.9389	27.0167	0.28
		20(Ω)	2.5779	2.5695	26.9389	26.8510	-0.32
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.1558	5.1786	53.8778	54.1156	0.44
		20(Ω)	5.1558	5.1542	53.8778	53.8606	-0.03
c	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.6397	0.6382	7.0833	7.0664	-0.23
		20(Ω)	0.6397	0.6327	7.0833	7.0054	-1.09
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.5590	2.5419	28.3333	28.1437	-0.66
		20(Ω)	2.5590	2.5270	28.3333	27.9795	-1.24
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.1180	5.0270	56.6666	56.1450	-0.92
		20(Ω)	5.1180	5.0460	56.6666	55.8695	-1.40

표 5 제시한 알고리즘의 계산 오차(고장위상각 90(°))

고장상	고장지점	고장저항	저 항(Ω)		리액턴스(Ω)		오차(%)
			실제값	추정값	실제값	추정값	
a	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.7267	0.7410	5.9095	6.0260	1.97
		20(Ω)	0.7267	0.7446	5.9095	6.0555	2.46
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.9067	2.9723	23.6382	24.1720	2.25
		20(Ω)	2.9067	2.9773	23.6382	24.2128	2.43
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.8134	5.9961	47.2763	48.7624	3.14
		20(Ω)	5.8134	6.0352	47.2763	49.0806	3.81
b	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.6445	0.6418	6.7347	6.7072	-0.40
		20(Ω)	0.6445	0.6416	6.7347	6.7045	-0.44
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.5779	2.5697	26.9389	26.8535	-0.31
		20(Ω)	2.5779	2.5693	26.9389	26.8491	-0.33
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.1558	5.1530	53.8778	53.8484	-0.05
		20(Ω)	5.1558	5.1538	53.8778	53.8569	-0.03
c	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.6397	0.6335	7.0833	7.0137	-0.98
		20(Ω)	0.6397	0.6327	7.0833	7.0049	-1.10
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.5590	2.5298	28.3333	28.0105	-1.14
		20(Ω)	2.5590	2.5268	28.3333	27.9766	-1.25
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.1180	5.0541	56.6666	55.9600	-1.24
		20(Ω)	5.1180	5.0455	56.6666	55.8644	-1.41

3.3 기존 알고리즘의 시험결과

제시된 알고리즘과의 비교를 위하여 기존 알고리즘의 시험 결과를 살펴보았다. 기존 알고리즘은 리액턴스 효과를 제거하지 않은 식 (3)을 사용하였으며, 표 6과 7에 고장위상각 0(°)와 90(°)에서 시험결과를 도시하였다. 고장저항이 개입하지 않았을 경우에는 양호한 결과를 보였으나, 고장저항이 개입한 경우에는 계산 값과 실제 값이 상당히 큰 차이를 나타냈다. 고장 위상각 0(°), 고장저항 20(Ω), 고장거리 10(%) 지점에서 a상지락고장 시에 최대 367.75(%)의 오차를 보였다.

표 6 기존 알고리즘의 계산 오차(고장위상각 0(°))

고장상	고장지점	고장저항	저 항(Ω)		리액턴스(Ω)		오차(%)
			실제값	추정값	실제값	추정값	
a	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.7267	0.6172	5.9095	6.0738	2.53
		20(Ω)	0.7267	27.0792	5.9095	6.5081	367.75
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.9067	2.3471	23.6382	24.3022	2.51
		20(Ω)	2.9067	36.8615	23.6382	25.3172	87.76
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.8134	4.2191	47.2763	48.8973	3.04
		20(Ω)	5.8134	62.7386	47.2763	52.3493	71.54
b	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.6445	0.6734	6.7347	6.7639	0.47
		20(Ω)	0.6445	26.9802	6.7347	7.2577	312.96
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.5779	2.6033	26.9389	27.0175	0.29
		20(Ω)	2.5779	36.9956	26.9389	28.0465	71.54
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.1558	5.0720	53.8778	54.1084	0.41
		20(Ω)	5.1558	63.8160	53.8778	57.1447	58.27
c	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.6397	0.8327	7.0833	7.0723	0.12
		20(Ω)	0.6397	27.0427	7.0833	7.7983	295.72
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.5590	3.3028	28.3333	28.1782	-0.27
		20(Ω)	2.5590	37.3582	28.3333	28.5199	67.36
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.1180	6.8915	56.6666	56.2676	-0.36
		20(Ω)	5.1180	64.4231	56.6666	59.6979	54.36

표 7 기존 알고리즘의 계산 오차(고장위상각 90(°))

고장상	고장지점	고장저항	저 항(Ω)		리액턴스(Ω)		오차(%)
			실제값	추정값	실제값	추정값	
a	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.7267	0.5560	5.9095	6.0214	1.56
		20(Ω)	0.7267	27.0790	5.9095	6.5087	367.75
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.9067	2.1479	23.6382	24.1374	1.74
		20(Ω)	2.9067	36.2612	23.6382	25.3167	87.76
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.8134	3.8704	47.2763	48.6055	2.36
		20(Ω)	5.8134	62.7377	47.2763	52.3475	71.53
b	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.6445	0.6077	6.7347	6.7063	-0.47
		20(Ω)	0.6445	26.9201	6.7347	7.2579	312.96
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.5779	2.3957	26.9389	26.8462	-0.40
		20(Ω)	2.5779	36.9956	26.9389	28.0454	71.54
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.1558	4.7156	53.8778	53.8187	-0.18
		20(Ω)	5.1558	63.8157	53.8778	57.1441	58.26
c	10(%) 13.737(km)	0(Ω)	0.6397	0.7705	7.0833	7.0180	-0.73
		20(Ω)	0.6397	27.0422	7.0833	7.7994	295.72
	40(%) 54.950(km)	0(Ω)	2.5590	3.1340	28.3333	28.0380	-0.82
		20(Ω)	2.5590	37.3588	28.3333	29.5158	67.36
	80(%) 109.899(km)	0(Ω)	5.1180	6.6384	56.6666	56.0651	-0.77
		20(Ω)	5.1180	64.4308	56.6666	59.6912	54.36

4. 결 론

본 논문에 765kV 비연가 송전선로에서 단상지락고장 시에 적용할 수 있는 리액턴스 효과를 제거한 거리계전 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 리액턴스 효과로 인한 계전기 설치 점에서의 추정임피던스와 실제 선로임피던스의 크기와 위상각을 보상하기 위하여 고장점에서의 전압방정식을 이용하며, 고장점 전류는 병행회선에 KVL을 적용하여 추정한다. 사례연구결과 제안된 알고리즘은 리액턴스 효과를 제거하지 않은 일반적인 알고리즘의 오차를 크게 개선한 방법으로 765kV 비연가 송전계통에 유용하게 사용되리라 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] "765kV 초고압 보호계전 방식에 관한 연구", 최종보고서, 한국전력공사 기술연구원, Dec., 1994

[2] 서순교, 오세일, 김명호, "비연가 송전선로에서의 거리계전기 리치 측정 및 고장점 표정에 대한 고찰", 전력계통보호 제어연구회 합술 및 기술발표회 논문집, pp. 82-89, 2001

[3] 안용진, 강상희, 이승재, "리액턴스 효과를 최소화한 병행 2회선 송전선로 보호 거리계전 알고리즘", 대한전기학회 논문지, 제50권 1호, pp 38-44, 2001

[4] 안용진, 강상희, "765kV 비연가 송전선로에서 고장점 표정 알고리즘", 대한전기학회 논문지, 제53권 3호, pp 168-174, 2004

[5] "ATP Rule Book", ATP Salford Version of EMTP