

## A Study on the Transient Characteristics in 765kV Untransposed Transmission Systems

安龍珍\* · 姜相熙\*\*  
(Yong-Jin Ahn · Sang-Hee Kang)

**Abstract** - This paper describes a study of transient characteristics in 765kV untransposed transmission lines. As the 765(kV) system can carry bulk power, some severe fault on the system may cause large system disturbance. The large shunt capacitance and small resistance of 765kV transmission line make various difficulties for its protection. These problems including current difference between sending and receiving terminals on normal power flow, low order harmonic current component in fault current and current transformer saturation due to the long DC time constant of the circuit etc. must be investigated and solved. The analysis of transient characteristics at sending terminal has been carried out for the single phase to ground fault and 3-phase short fault, etc. The load current, charging current in normal condition and line flows, fault current, THD(Total Harmonic Distortion) of harmonics, time constants have been analysed for the 765kV untransposed transmission line systems.

**Key Words** : Untransposed transmission lines, Unbalanced load current, Charging current, Harmonics, Time constant

### 1. 서론

우리나라의 전력계통은 수요증가에 따라 확대되어 왔으며, 앞으로도 수요증가에 대처하기 위하여 대용량전원의 도입이 필요할 것이며 전원입지 환경면에서 원격지에 집중 편재할 것으로 보인다. 따라서 대전력 수송수단이 필요하게 되는데 기존 345kV 계통의 확장으로 대처하려면 송전선 경과지의 확보난, 단락, 지락고장전류의 증대에 따른 차단기의 차단용량 증가 등으로 기술적 경제적 제약이 따른다. 이러한 여러 가지 문제점을 해결하는 근본적인 대책으로 765kV의 송전계통이 운전 중에 있다. 765kV 계통에서는 송전선에 6복도체를 적용하고 있는데 선로의 정상 정전용량이 매우 커져서 이로 인한 보호상 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 유발하며, 또 선로의 저항분이 적어서 회로의 시정수가 길어지므로 고장전류 중에 긴 시정수를 가진 직류(DC-offset)분 전류가 포함되어 이에 의한 변류기 포화로 보호 장치의 오동작을 가져올 것으로 예상된다[1].

본 논문에서는 765kV 비연가 송전계통을 EMTP[2]로 모의하여 정상상태 시 대상 계통의 부하전류, 불평형 전류와 충전전류 등과, 고장상태 시 고장전류의 방향 및 크기, 고조파에 의한 왜형율과 시정수 등, 보호 설비 설계시 필요한 각종 데이터와 계통 특성을 분석한 결과를 제시하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 비연가 송전선로 모델

그림 1에 본 논문에서 사용하는 765kV 비연가 송전 계통을 도시하였으며, 표 1에서 양모선의 등가 전원임피던스 데이터는 계통해석 프로그램인 PSS/E 수행 결과를 사용하였으며[3], 부하전류의 영향을 고려하기 위하여 양단 전원의 상차각을 10°로 하였다.

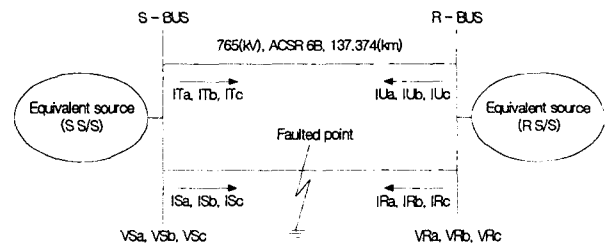


그림 1 모델 계통  
Fig. 1 Model system

표 1 전원 임피던스 데이터(단위:Ω)  
Table 1 Source impedance data(unit:Ω)

구분	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	6.9056550+j62.560553

\* 正會員 : 柳湖電氣工業(株) 責任研究員 · 工碩  
 \*\* 正會員 : 明知大 次世代電力技術研究센터 教授 · 工博  
 接受日字 : 2004年 4月 6日  
 最終完了 : 2004年 5月 24日

765kV 송전용 철탑 및 도체 형상을 그림 2에 도시하였다. EHV 선로는 연가가 곤란하므로 통상 비연가로 사용하는데, 따라서, 선로의 임피던스 행렬은 평형을 이루지 못하고 각 상간의 임피던스차가 발생하게 된다[1]. 그림 2에 도시한 철탑 및 도체 형상에 대한 선로정수를 EMTP의 Line Constants를 이용하여 구한 값을 표 2에 나타내었다.

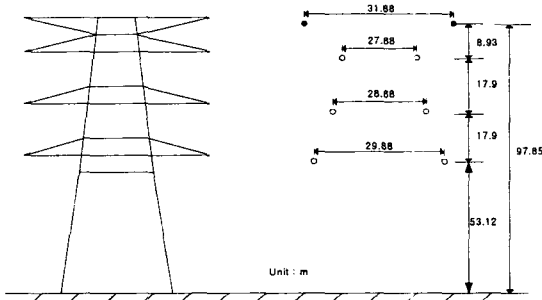


그림 2 철탑 및 도체 형상  
Fig. 2 Configuration of steel tower and conductor

표 2 765kV 비연가 선로정수

Table 2 765kV Untransposed line constants

구분	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 (mH/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 (nF/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

2.2 정상상태 전압, 전류

표 3에 S-모선과 R-모선의 정상상태 시 모선 전압을 나타내었으며, 그림 3과 4에서 보듯이 상별 불평형을 알 수 있으며, 단순히 전압 크기만을 보았을 때는 a상과 b상의 경우에는 수전단 전압이 송전단 전압보다 크게 나타났다.

표 3 모선 전압(단위:kV)  
Table 3 BUS Voltage(unit:kV)

S-모선	R-모선	모선간의 전압차
VSa= 451.905	VRa= 453.787	VSa-VRa= -1.882
VSb= 452.305	VRb= 452.583	VSb-VRb= -0.278
VSc= 452.870	VRc= 452.036	VSc-VRc= 0.834

그림 3과 4는 양단 모선에서의 전압파형을 보여주고 있다. S-모선의 영상분 전압(VS0)은 0.6825(kV)이며, 상전압의 평균치와 영상분 전압의 비율(VS0/VSn)은 0.0015로, 정상상태 시 약 0.15(%)의 영상분 전압이 존재한다. R-모선의 영상분 전압(VR0)은 1.0006(kV)이며, 상전압의 평균치와 영상분 전압의 비율(VR0/VRn)은 0.0022로, 정상상태 시 약 0.22(%)의 영상분 전압이 존재한다.

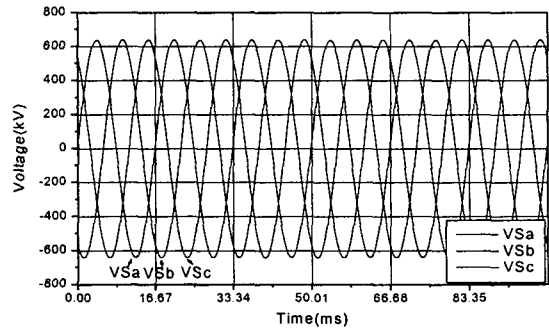


그림 3 S-모선 전압  
Fig. 3 Voltage signals on S-BUS

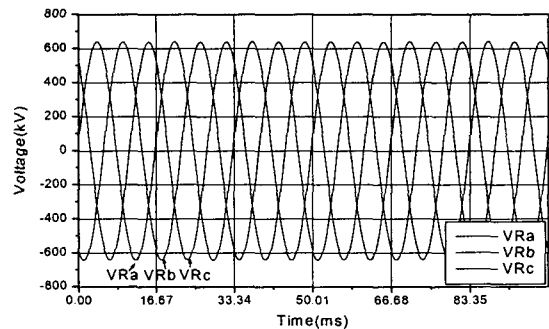


그림 4 R-모선 전압  
Fig. 4 Voltage signals on R-BUS

표 4에서 비연가 2회선 계통에 흐르는 회선별 상별 충전 전류가 상이한 양상을 보임을 확인할 수 있다. 먼저, 1번 회선 a상의 경우에는 2.82(%)의 충전전류가 유출되며, b상과 c상의 경우에는 0.98(%)와 4.38(%)의 충전전류가 유입됨을 볼 수 있으며, 2번 회선 a상의 경우에는 3.54(%)의 충전전류가 유출되며, b상과 c상의 경우에는 0.43(%)와 5.46(%)의 충전전류가 유입됨을 볼 수 있다.

표 4 충전 전류(단위:A)  
Table 4 Charging currents(unit:A)

구분	S-모선	R-모선	Ic(충전전류)
1번 회선	ISa= 438.348	IRa= 425.985	ISa-IRa= 12.363
	ISb= 415.135	IRb= 419.216	ISb-IRb= - 4.081
	ISc= 398.664	IRc= 416.150	ISc-IRc= -17.486
2번 회선	ITa= 415.050	IUa= 400.358	ITa-IUa= 14.692
	ITb= 416.964	IUb= 418.766	ITb-IUb= - 1.802
	ITc= 417.473	IUc= 440.264	ITc-IUc= -22.791

그림 5~8은 정상상태 시 송전선로의 각 회선에 흐르는 상전류를 도시하였다.

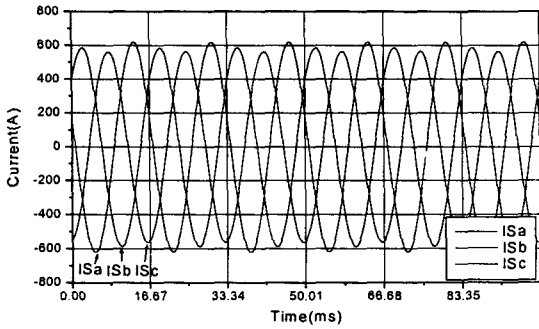


그림 5 S-모선 1번 회선 송전단 전류  
Fig. 5 Current signals on No.1 circuit in S-BUS

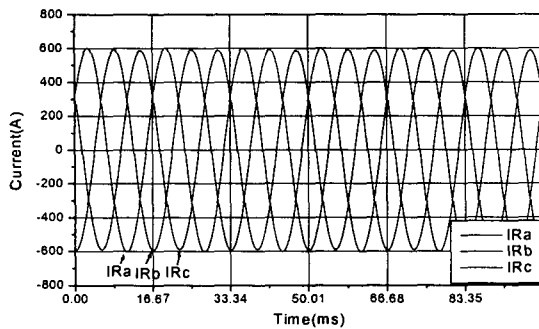


그림 6 R-모선 1번 회선 수전단 전류  
Fig. 6 Current signals on No.1 circuit in R-BUS

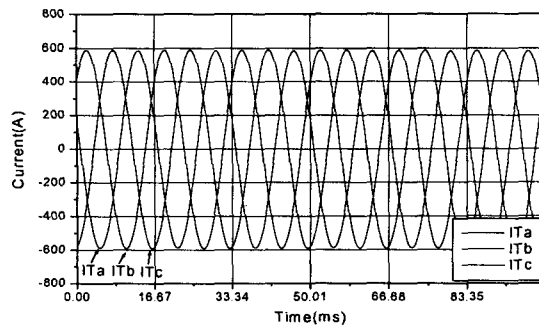


그림 7 S-모선 2번 회선 송전단 전류  
Fig. 7 Current signals on No.2 circuit in S-BUS

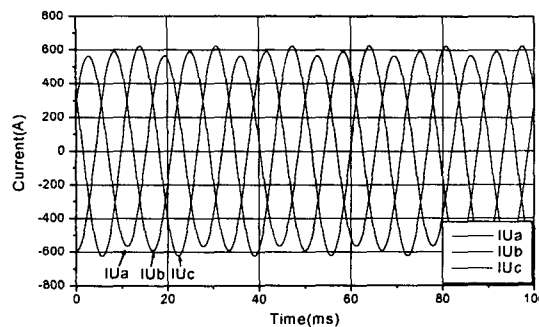


그림 8 R-모선 2번 회선 수전단 전류  
Fig. 8 Current signals on No.2 circuit in R-BUS

S-모선 1번 회선의 영상분 전류( $IS_0$ )는 13.5491(A)이며, 상전류의 평균치와 영상분 전류의 비율( $IS_0/IS_n$ )은 0.0325로 정상상태 시 약 3.25%의 영상분 전류가 흐르고, 2번 회선의 영상분 전류( $IT_0$ )는 5.0506(A)이며, 상전류의 평균치와 영상분 전류의 비율( $IT_0/IT_n$ )은 0.0121로, 정상상태 시 약 1.21%의 영상분 전류가 흐른다. R-모선 1번 회선의 영상분 전류( $IR_0$ )는 8.4783(A)이며, 상전류의 평균치와 영상분 전류의 비율( $IR_0/IR_n$ )은 0.0202로, 정상상태 시 약 2.02%의 영상분 전류가 흐르고, 2번 회선의 영상분 전류( $IU_0$ )는 12.1891(A)이며, 상전류의 평균치와 영상분 전류의 비율( $IU_0/IU_n$ )은 0.0290로, 정상상태 시 약 2.90%의 영상분 전류가 흐르는 것으로 분석되었다.

### 2.3 고장상태 전압, 전류

그림 9~11은 S-모선에서 90%지점의 a상 지락고장, bc상 단락고장과 3상 단락고장 시 전압을 도시한 것으로 계통의 캐패시턴스 성분이 크게 영향을 주어 고조파 성분이 크게 나타나고 있으며, 고조파에 관한 분석은 2.5절에서 다루기로 하겠다.

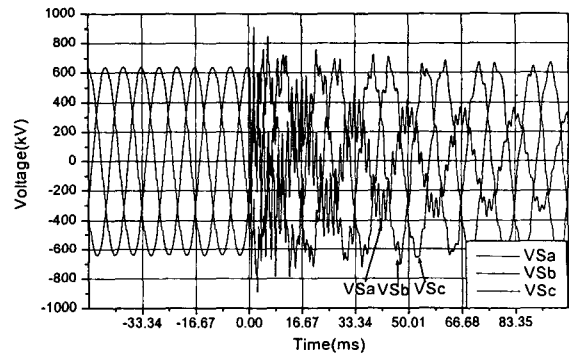


그림 9 a상 지락고장시 S-모선 전압  
(고장지점 90%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 90°)  
Fig. 9 Voltage signals on a-phase to ground fault in S-BUS  
(fault distance 90%, fault inception angle 90°)

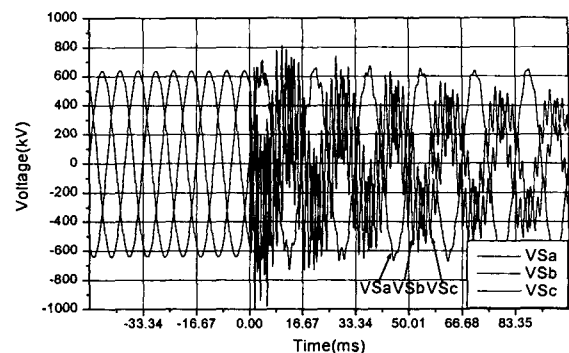


그림 10 bc상 단락고장시 S-모선 전압  
(고장지점 90%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 90°)  
Fig. 10 Voltage signals on bc-phase short fault in S-BUS  
(fault distance 90%, fault inception angle 90°)

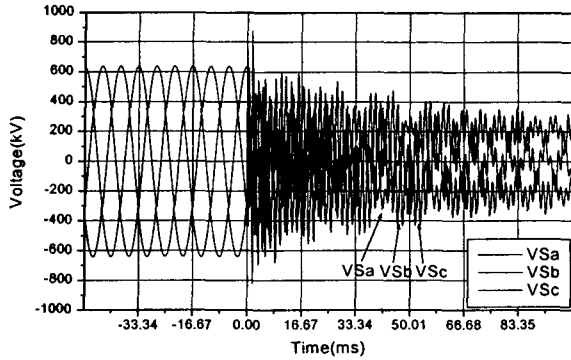


그림 11 3상 단락고장시 S-모선 전압  
(고장지점 90%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 90°)  
Fig. 11 Voltage signals on 3-phase short fault in S-BUS  
(fault distance 90%, fault inception angle 90°)

그림 12~14는 S-모선에서 10%지점의 a상 지락고장, bc상 단락고장과 3상 단락고장 시 전류를 도시한 것으로 계통의 인덕턴스 성분이 상대적으로 커 고장시 감쇄하는 직류 성분이 크게 나타나고 있으며, 시정수에 관한 분석은 2.6절에서 다루기로 하겠다.

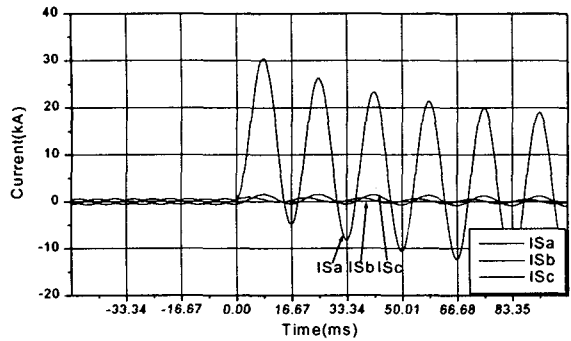


그림 12 a상 지락고장 시 S-모선측 고장회선의 전류  
(고장지점 10%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 0°)  
Fig. 12 Current signals on a-phase to ground fault in S-BUS  
(fault distance 10%, fault inception angle 0°)

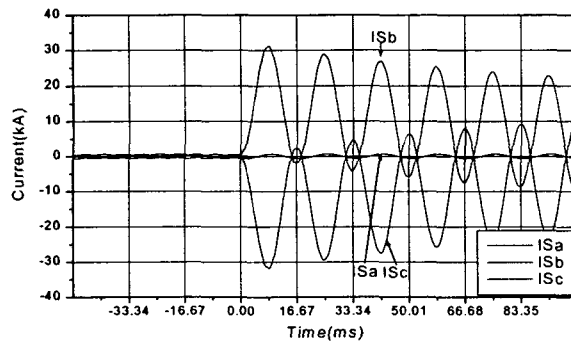


그림 13 bc상 단락고장시 S-모선측 고장회선의 전류  
(고장지점 10%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 0°)  
Fig. 13 Current signals on bc-phase short fault in S-BUS  
(fault distance 10%, fault inception angle 0°)

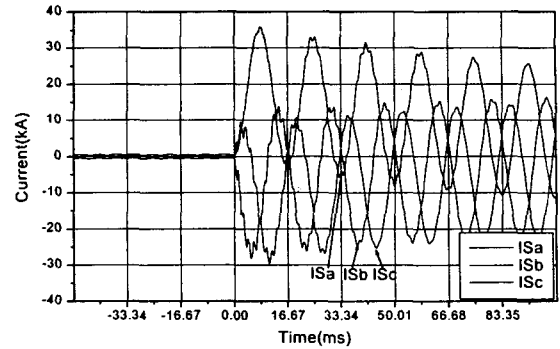


그림 14 3상 단락고장시 S-모선측 고장회선의 전류  
(고장지점 10%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 0°)  
Fig. 14 Current signals on 3-phase short fault in S-BUS  
(fault distance 10%, fault inception angle 0°)

2.4 고장시 고장전류 변화

그림 15~17은 고장저항 10Ω이 개입한 a상 지락고장 시 고장거리 변화에 따른 고장회선의 S-모선측 상별전류를 도시하였다. a상과 c상 전류는 거리에 따라서 크기만 변화할 뿐 위상은 거의 변하지 않지만, b상 전류는 크기와 위상이 동시에 변화함을 볼 수 있다.

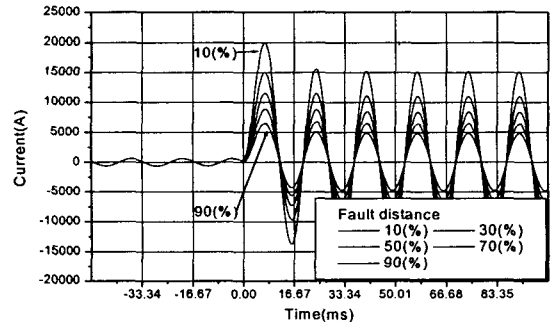


그림 15 a상 지락고장시 S-모선측 고장회선의 a상 전류  
(고장저항 10Ω, 고장위상각 0°)  
Fig. 15 a-phase current signals on a-phase to ground fault in S-BUS (fault resistance 10Ω, fault inception angle 0°)

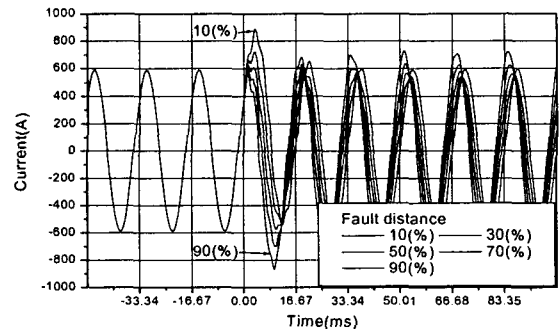


그림 16 a상 지락고장시 S-모선측 고장회선의 b상 전류  
(고장저항 10Ω, 고장위상각 0°)  
Fig. 16 b-phase current signals on a-phase to ground fault in S-BUS (fault resistance 10Ω, fault inception angle 0°)

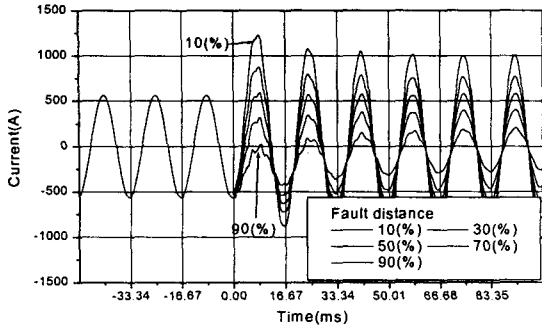


그림 17 a상 지락고장시 S-모선측 고장회선의 c상 전류 (고장저항 10Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 17 c-phase current signals on a-phase to ground fault in S-BUS (fault resistance 10Ω, fault inception angle 0°)

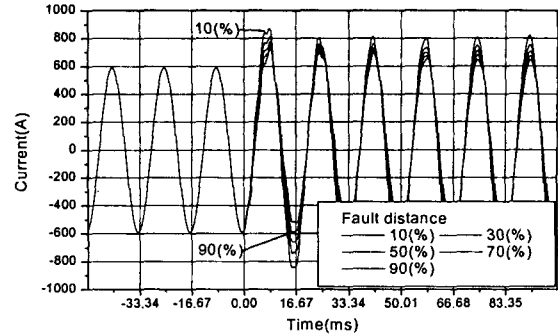


그림 20 a상 지락고장시 S-모선측 건전회선의 c상 전류 (고장저항 10Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 20 c-phase current signals on a-phase to ground fault in S-BUS (fault resistance 10Ω, fault inception angle 0°)

그림 18~20은 고장저항 10Ω이 개입한 a상 지락고장 시 고장거리 변화에 따른 건전회선의 S-모선측 상별전류를 도시하였다. a상 전류는 30(%)와 50(%)지점에서 모두가 조류가 변함을 알 수 있다. b상 전류는 고장회선과 마찬가지로 크기와 위상이 동시에 변하고, c상 전류는 위상은 변하지 않고 크기만 변화함을 볼 수 있다. 따라서 이 현상은 보호장치의 보호 구간 선정에 고려되어야 하겠다.

2.5 고장시 고조파

고조파 분석을 위한 전압과 전류 신호는 주기당 384회 샘플링 하였으며, 고조파는 고장 발생 후에 한주기 데이터를 이산 푸리에 변환(DFT : Discrete Fourier Transform)을 이용하여 구하였다. 종합 고조파 왜형률(THD)은 식 (1)과 같고, 고조파 발생의 정도를 나타낸다.

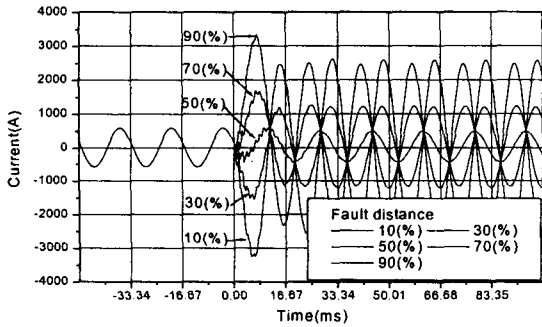


그림 18 a상 지락고장시 S-모선측 건전회선의 a상 전류 (고장저항 10Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 18 a-phase current signals on a-phase to ground fault in S-BUS (fault resistance 10Ω, fault inception angle 0°)

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} \times 100 (\%)$$

$$I_{THD} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \times 100 (\%)$$

표 5는 S-모선에서 취득한 전압과 전류 신호의 종합 고조파 왜형률을 정리한 것으로 전류의 왜형률은 크지 않았으나, 송전선로의 캐패시턴스 성분이 매우 크기 때문에 전압의 왜형률은 상당히 크게 나타나고 있다. 특히, 모든 고장에 대하여 고장위상각 90°, 고장거리 90%에서 전압신호는 고조파의 크기가 기본파의 크기보다 큰 것으로 분석되었다.

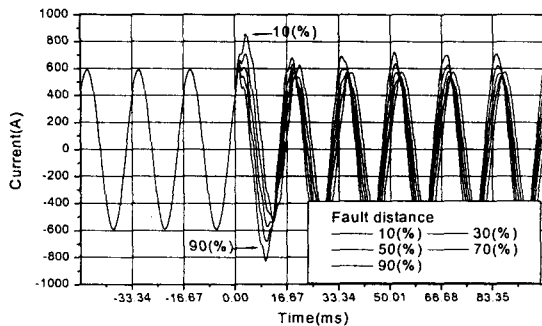


그림 19 a상 지락고장시 S-모선측 건전회선의 b상 전류 (고장저항 10Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 19 b-phase current signals on a-phase to ground fault in S-BUS (fault resistance 10Ω, fault inception angle 0°)

표 5 종합 고조파 왜형률(단위:%)  
 Table 5 Total harmonic distortion(THD)(Unit:%)

구분	고장위상(°)	고장지점(%)	1~192조파(60~11520Hz) 범위							
			고장 형태							
			a상 지락	b상 지락	c상 지락	ab상 단락	bc상 단락	ca상 단락	3상 단락	
전압	90	10	91.29	83.31	93.71	33.77	44.20	39.44	133.72	
		30	97.29	90.80	85.01	55.38	68.10	62.08	100.58	
		50	85.43	76.31	74.40	63.81	76.21	68.56	88.41	
		70	94.11	85.77	84.03	76.16	89.12	80.22	98.68	
		90	109.51	100.35	107.11	100.08	114.21	106.49	167.69	
전류	0	10	7.79	7.83	8.29	4.17	4.27	4.79	5.16	
		30	8.48	8.69	9.63	4.62	4.53	5.35	7.40	
		50	8.75	9.19	10.26	4.89	4.63	5.44	7.81	
		70	8.84	9.38	10.64	5.04	4.60	5.13	7.12	
		90	8.71	9.39	10.91	5.10	4.45	4.32	5.72	

전압 계전신호의 고조파 분석을 위해 S-모선에서 지락고장과 단락고장을 모의하여 그림 21~26에 각 고장에 따른 전압의 주파수 스펙트럼을 도시하였다. 저주파수 대역에서 10, 11, 26과 27 고조파가 크게 나타났으며, 고주파수 대역에서 187과 188 고조파가 측정되었다. 특히, 90(%) 지점에서 3상 단락고장 시에는 기본파보다 11 고조파가 더 크게 측정되었다. 따라서 보호계전기 설계시 차단주파수가 낮은 저역 통과필터 설계가 요구된다.

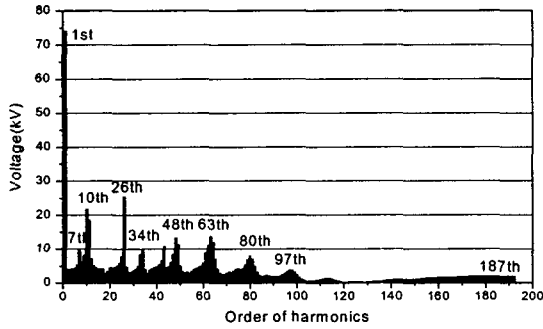


그림 21 a상 지락고장시 S-모선 a상 전압의 주파수 스펙트럼 (고장지점 10(%), 고장저항 0(Ω), 고장위상각 90(°))  
 Fig. 21 Frequency spectrum of voltage on a-phase to ground fault in S-BUS (fault distance 10(%, fault inception angle 90(°))

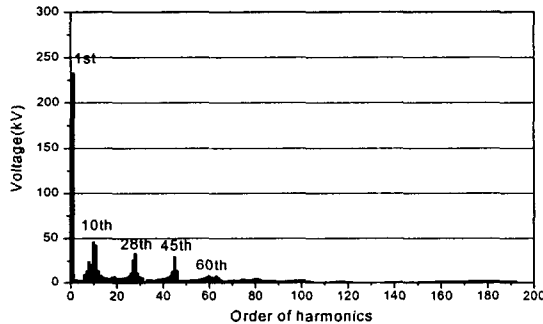


그림 22 bc상 단락고장시 S-모선 b상 전압의 주파수 스펙트럼 (고장지점 10(%), 고장저항 0(Ω), 고장위상각 90(°))  
 Fig. 22 Frequency spectrum of voltage on bc-phase short fault in S-BUS (fault distance 10(%, fault inception angle 90(°))

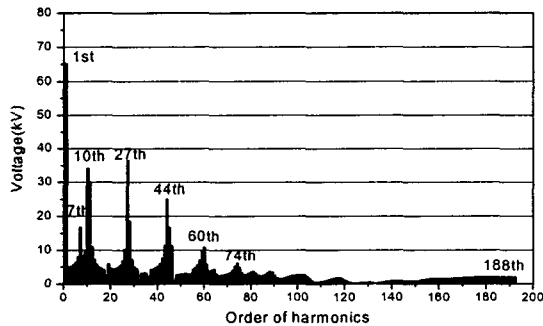


그림 23 3상 단락고장시 S-모선 a상 전압의 주파수 스펙트럼 (고장지점 10(%), 고장저항 0(Ω), 고장위상각 90(°))  
 Fig. 23 Frequency spectrum of voltage on 3-phase short fault in S-BUS (fault distance 10(%, fault inception angle 90(°))

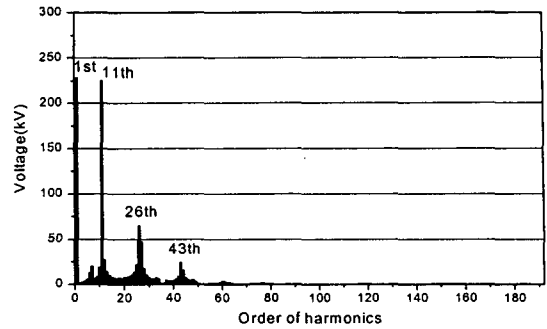


그림 24 a상 지락고장시 S-모선 a상 전압의 주파수 스펙트럼 (고장지점 90(%), 고장저항 0(Ω), 고장위상각 90(°))  
 Fig. 24 Frequency spectrum of voltage on a-phase to ground fault in S-BUS (fault distance 90(%, fault inception angle 90(°))

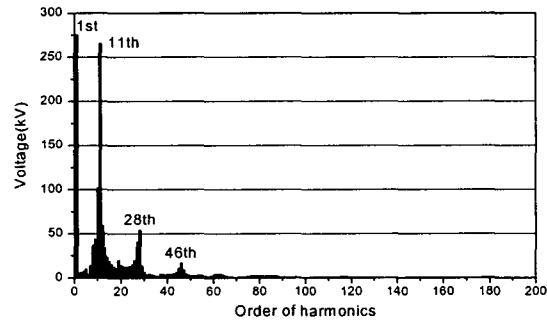


그림 25 bc상 단락고장시 S-모선 b상 전압의 주파수 스펙트럼 (고장지점 90(%), 고장저항 0(Ω), 고장위상각 90(°))  
 Fig. 25 Frequency spectrum of voltage on bc-phase short fault in S-BUS (fault distance 90(%, fault inception angle 90(°))

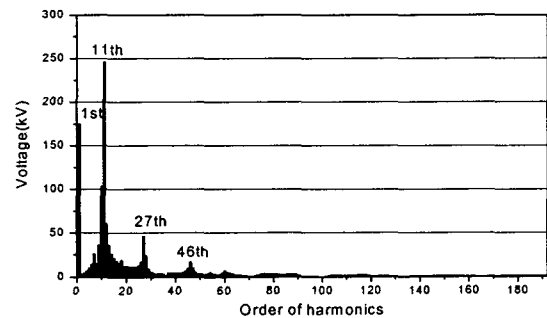


그림 26 3상 단락고장시 S-모선 a상 전압의 주파수 스펙트럼 (고장지점 90(%), 고장저항 0(Ω), 고장위상각 90(°))  
 Fig. 26 Frequency spectrum of voltage on 3-phase short fault in S-BUS (fault distance 90(%, fault inception angle 90(°))

계통의 충전용량이 커지면 고장전류에 포함되어 있는 고조파 성분 전류가 저차화 되어 보호기기 부동작의 원인이 될 수 있으므로[1] 이에 대한 분석을 하였다. 고장지점 10(%)와 90(%)에서 지락고장과 단락고장 시에 S-모선측에서 분석한 전류의 주파수 스펙트럼을 그림 27~32에 도시하였

다. 저주파수 대역에서 2~11 고조파가 나타나고 있으며, 50 고조파 이상은 거의 측정되지 않았다.

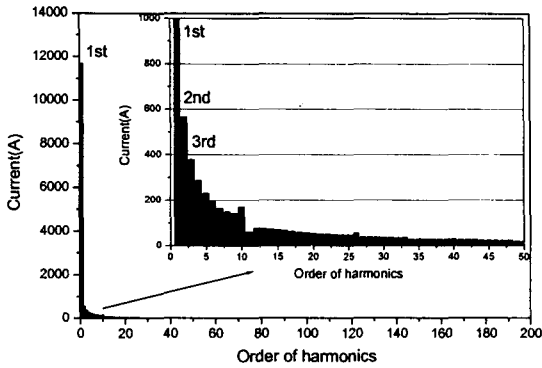


그림 27 a상 지락고장시 S-모선측 a상 전류의 주파수 스펙트럼 (고장지점 10%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 27 Frequency spectrum of current on a-phase to ground fault in S-BUS (fault distance 10%, fault inception angle 0°)

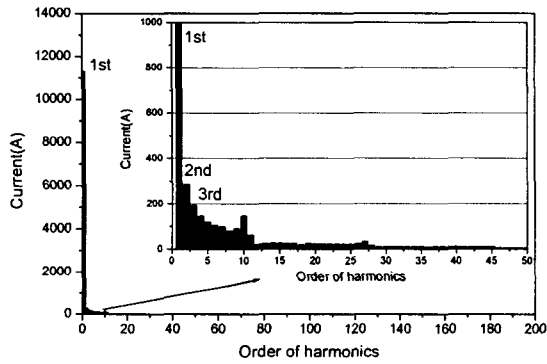


그림 28 bc상 단락고장시 S-모선측 b상 전류의 주파수 스펙트럼 (고장지점 10%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 28 Frequency spectrum of current on bc-phase short fault in S-BUS (fault distance 10%, fault inception angle 0°)

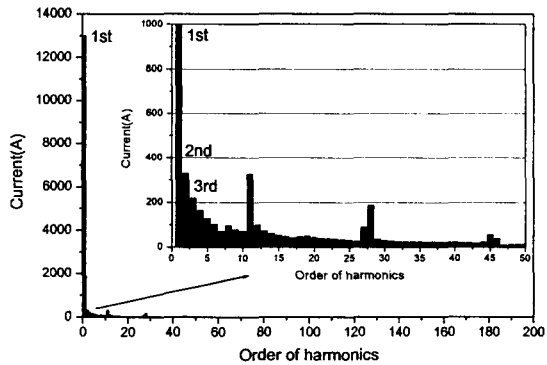


그림 29 3상 단락고장시 S-모선측 a상 전류의 주파수 스펙트럼 (고장지점 10%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 29 Frequency spectrum of current on 3-phase short fault in S-BUS (fault distance 10%, fault inception angle 0°)

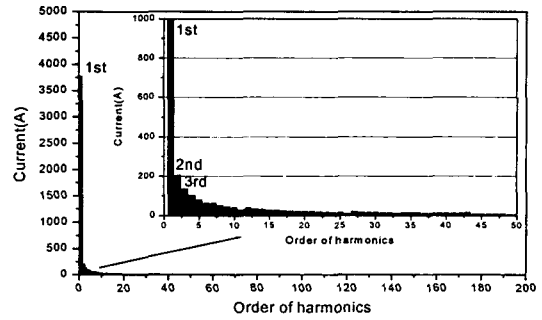


그림 30 a상 지락고장시 S-모선측 a상 전류의 주파수 스펙트럼 (고장지점 90%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 30 Frequency spectrum of current on a-phase to ground fault in S-BUS (fault distance 90%, fault inception angle 0°)

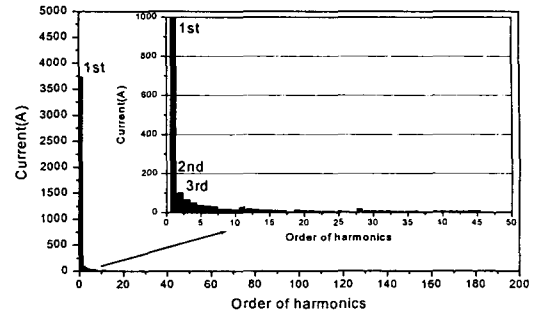


그림 31 bc상 단락고장시 S-모선측 b상 전류의 주파수 스펙트럼 (고장지점 90%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 31 Frequency spectrum of current on bc-phase short fault in S-BUS (fault distance 90%, fault inception angle 0°)

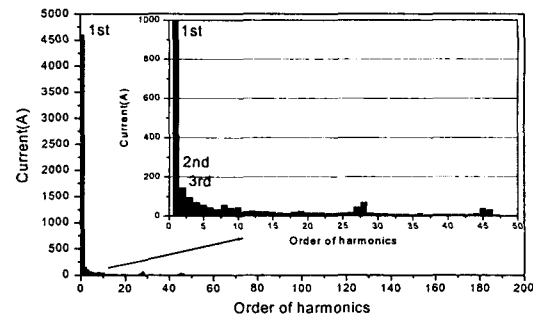


그림 32 3상 단락고장시 S-모선측 a상 전류의 주파수 스펙트럼 (고장지점 90%, 고장저항 0Ω, 고장위상각 0°)  
 Fig. 32 Frequency spectrum of current on 3-phase short fault in S-BUS (fault distance 90%, fault inception angle 0°)

## 2.6 고장시 시정수

시정수(Time constant) 특성 분석을 위한 전류 신호는 주 기당 384회 샘플링 하였으며, 시정수는 고장 발생 후에 2주기 데이터를 최소 자승법(LSM : Least Square Method)을 이용하여 구하였다. 표 6에 S-모선에서 거리별 지락고장과 단락고장을 모의하여 취득한 전류 신호에 포함된 시정수 추정 결과를 나타냈다. 단락고장 시 100(ms) 이상의 긴 시정

수가 나타남을 알 수 있다. 765kV 계통에서는 송전선로의 저항분이 적어 고장전류에 긴 시정수를 가진 직류분 전류가 포함되어 있으므로 이에 의한 변류기 포화의 가능성도 있을 것으로 예상된다.

표 6 S-모선 시정수 특성 분석(단위:ms)  
Table 6 Characteristics of time constant on S-BUS(Unit:ms)

구분	고장위상각 0(°) 고장저항 0(Ω)							
	a상 지락	b상 지락	c상 지락	ab상 단락	bc상 단락	ca상 단락	3상 단락	
고 장 지 점 (%)	10	57.43	56.13	52.70	109.09	109.67	97.92	103.97
	20	54.19	52.51	48.12	102.61	105.25	90.83	97.37
	30	52.23	50.46	45.68	98.37	102.39	87.21	89.94
	40	51.04	49.30	44.32	95.46	100.54	85.62	86.84
	50	50.38	49.37	43.67	93.47	99.44	85.54	84.92
	60	50.14	48.66	43.55	92.19	98.99	86.88	83.76
	70	50.28	49.05	43.94	91.47	99.18	89.96	83.27
	80	50.85	50.01	44.94	91.22	100.07	95.47	83.66
	90	51.95	51.77	46.82	91.42	102.01	105.40	87.88

그림 33은 시정수가 가장 길게 나타난 bc상 단락 고장시 시정수 추정을 도시하였다.

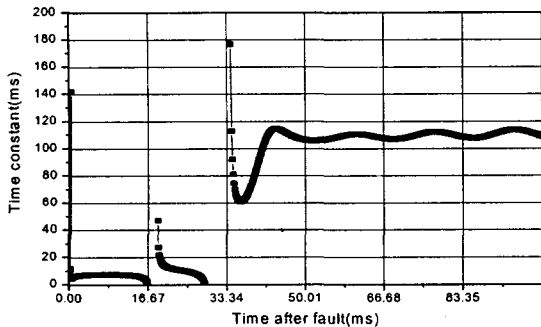


그림 33 bc상 단락고장시 S-모선측 b상 전류의 시정수  
(고장지점 10%, 고장저항 0(Ω), 고장위상각 0(°))  
Fig. 33 Time constant of b-phase current on bc-phase short fault  
in S-BUS (fault distance 10%, fault inception angle 0(°))

### 3. 결 론

본 논문은 765kV 비연가 송전계통에 대한 다양한 고장모의 및 분석 결과를 다루었다. 비연가 송전선로는 EMTP의 Line Constants를 이용하여 모의하였다.

정상상태 시 상별 불평형 전압이 나타나고, 수전단 전압이 송전단 전압보다 크게 나타나는 경우가 있었으며, 약 0.2(%)의 영상분 전압이 존재한다. 대상 계통의 부하전류는 약 420(A) 정도이며, 약 3.3(%)의 영상분 전류가 흐르고 있으며, 충전전류는 3.5(%)가 유출되는 경우와 5.5(%)가 유입되는 경우가 분석되었다. 송전단에서 90(%)지점 3상 단락고장 시 전압은 2~100차 고조파의 크기가 상당히 커 종합 고조파 왜형율(THD)은 167.69(%)로 측정되었고, 송전단에서 10(%)지점 3상 단락고장 시 전류는 13.5(kA) 정도로 정상상태 선로에 흐르는 전류의 약 30배가 나타났으며, 110(ms)의 긴 시정수가 예상되는 경우가 있어 변류기 포화의 가능성도

예상되며, 저차 고조파와 직류분 전류를 제거할 수 있는 필터를 사용하는 디지털 보호기기가 설계되어야겠다. 단상 지락고장과 상간 단락고장의 경우에는 건전회선의 조류 방향이 바뀌는 지점이 발생하므로 고장회선 계전기의 보호 구간 선정에 고려되어야 하겠다.

### 감사의 글

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

### 참 고 문 헌

- [1] "765kV 초고압 보호계전 방식에 관한 연구", 최종보고서, 한국전력공사 기술연구원, Dec., 1994.
- [2] "ATP Rule Book", ATP salford version of EMTP
- [3] "보호계전기 정정기준 수립에 관한 연구", 최종보고서, 한국전력거래소, Jun., 2003.
- [4] "345kV 대용량 송전선로 보호관련 전기적 특성 연구", 최종보고서, 한국전력공사 계통운용처, Sep., 1998.
- [5] 서순교, 오세일, 김명호, "비연가 송전선로에서의 거리계전기 리치 측정 및 고장점 표정에 대한 고찰", 전력계통보호제어연구회 학술 및 기술발표회 논문집, pp. 82-89, 2001.

### 저 자 소 개



#### 안 용 진 (安龍珍)

1968년생. 1998년 명지대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 전기공학과 수료(박사). 현재 유호전기공업(주) 부설연구소 책임연구원.

Tel : 031) 871-8801 ex)289

Fax : 031) 871-8810

E-mail : yjahn@youho.co.kr



#### 강 상 희 (姜相熙)

1962년생. 1985년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 명지대학교 차세대 전력기술연구센터 교수.

Tel : 031) 330-6364

Fax : 031) 330-6816

E-mail : shkang@mju.ac.kr