

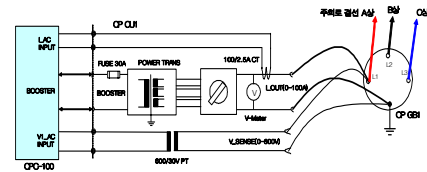
송전선로 선로정수 실측 분석

전명렬, 오세일, 장성익, 장성철
한국전력공사

The analysis of the transmission line constant measured

Jeon Myeong-ryeal, Oh Sei-ill, Jang Sung-ik, Chang Sung-chil
KEPCO

Abstract - 송전선로 선로정수는 전력계통 운영 Data 파일의 중요요소로서 정상분, 영상분, 임피던스 및 어드미턴스가 있다. 이들 선로정수는 계산프로그램을 이용하여 산출 활용하고 있으며 발변전소 준공시험시 정수 실측값은 참고자료로 활용하였다. 기존의 전압을 인가하여 측정된 전압강하법으로는 유도전압의 영향으로 운전중인 변전소에서는 측정이 불가하였으나 신규 도입한 선로정수 측정장비는 전류를 회로의 주입하여 이때 발생하는 전압을 측정하는 방법으로 전류원의 주파수 가변이 가능하여 상용주파수의 유도전압대역을 피해가면서 측정할 수 있는 장점이 있다. 이러한 측정장비들의 발달로 계산값과 실제 측정값과의 차이를 확인, 분석하고자 선로정수를 실측하게 되었다.



<그림2. 선로정수 측정장비의 구성>

1. 서 론

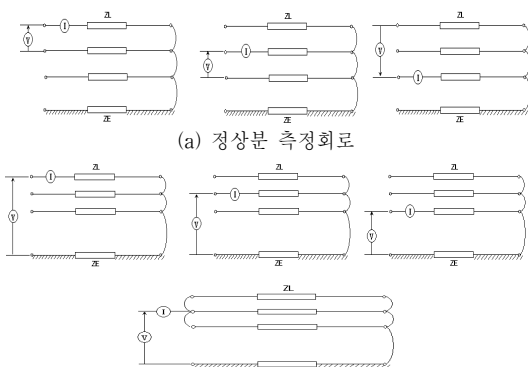
1.1 선로정수 측정 개요

송전선로 선로정수는 전력계통 모선간의 전기적인 임피던스값을 나타내는 정수로 전력계통 전기적 해석의 중요 자료가 된다. 이는 전력설비 신증설을 위한 부하조류 및 고장전류 모의 검토, 전압안정도 검토 및 보호계전기 설정 등의 기본자료로 활용된다. 그동안 선로정수는 실측에 많은 장애가 있어 계산값을 적용하였으나, 최근 주파수가변법을 도입한 실측장비의 활용이 제안되어 시범실측을 하였다. 이번 측정은 계산치와 실측치와의 비교분석을 통해 향후 송전선로 선로정수 관리대책 수립의 기초자료로 활용하고자 시행하였다.

1.2 선로정수 측정

송전선로에 시험용 전압, 전류를 인가하는 방법에는 상-대지, 선간, 3상일괄-대지 방법이 있다. 정상임피던스는 선간 인가방식을, 영상임피던스는 3상일괄-대지 인가방식으로 측정한다.

임피던스의 측정은 시험장비에 의한 시험전압을, 어드미턴스는 초기가압시 선로 충전전류를 측정하여 산출하였다.



(a) 정상분 측정회로

(b) 영상분 측정회로

<그림1. 선로정수 측정회로>

1.2.1 측정기기

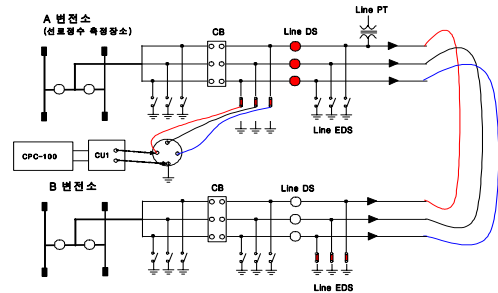
측정장비는 다음과 같다.

- CPC100 (2000V, 800A) X 1 대
- CP CU1 (50~500V, 100~10A) X 1대
- ※ 유도전압 500V이상시 측정불가 (345kV 가공선로 해당)



1.2.2 선로정수 측정회로

선로정수의 측정은 그림3에서와 같이 측정단 A 변전소 선로용차단기 후단 EDS 단에서 측정하였으며, 상대단은 EDS에서 3상일괄 접지를 하였다.



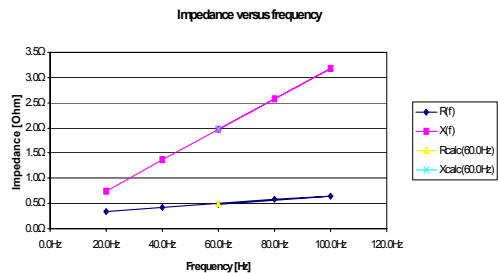
<그림3. 선로정수 실측회로 구성>

1.3 선로정수 산출

선로정수의 산출은 그림4에서와 같이 주파수가변법으로 20,40,80,100 [Hz]에서의 R,X값을 구하여 평균한 값으로서 산출하였다.

60[Hz] 성분은 측정현장 주위의 전자유도 등으로 오차가 크다고 판단되어, 제외하였다.

저항성분은 주파수변화에 대하여 거의 일정하며, 리액턴스성분은 주파수변화에 따라 증가함을 알 수 있다.



<그림4. 주파수별 선로정수 변화>

2. 본 론

2.1 선로정수 측정

2.1.1 목적

송전선로의 약 5%에 대하여 정수를 측정하여 계산치와 측정치와의 편차를 분석하고 향후 선로정수 관리대책 수립에 기초자료로 활용할 예정이다.

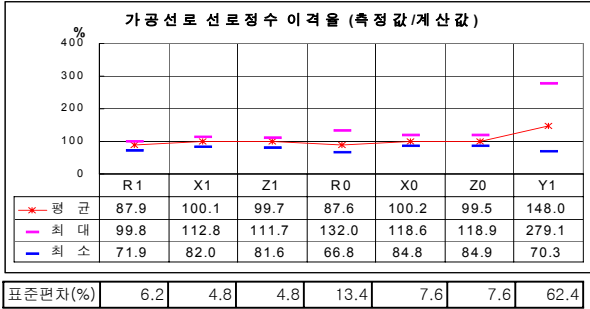
2.1.2 시험대상 선로

- 가. 154kV 송전선로 총 86회선(11개 관리처 및 제주지사)
(총 96회선 계획중 10회선은 휴전 미반영 측정 못 함)
- 나. 가공 송전선로 : 34 회선 (선종 : ACSR330, ACSR410, ACSR410B)
- 다. 지중 송전선로 : 46 회선 (선종 : XLPE, OF, CV, CNCV)
- 라. 복합 송전선로 : 6 회선

2.1.3 시험일시 : 2006. 09. 18 ~ 12. 15 (12 주)

2.2 실측값과 계산값 비교 및 분석

2.2.1 가공선로 (가공, 복합선로) [단위:%]



1) 정상분 임피던스

- 가) 오차율 5% 이상선로 : 총 40회선중 4개선로
○ 최대오차율 : -18.4%
- 나) 오차범위별 통계 [단위:회선]

±5%	±6~10%	±11~15%	±16~20%	±21~25%	합계
35	2	1	2	0	40

- 다) X1/R1 평균값 = 6.17
※ 보호계전기 정정시 선로정수 오차율을 약 5% 적용하므로 현재 계산값 적용에는 문제가 없을 것으로 사료됨.

2) 영상분 임피던스

- 가) 오차율 5%이상선로 : 총 40회선중 14회선
○ 최대오차율 : 18.9%
- 나) 오차범위별 통계 [단위:회선]

±5%	±6~10%	±11~15%	±16~20%	±21~25%	합계
25	6	7	2	0	40

- 다) X0/R0 평균값 = 4.88

3) 정상분 어드미턴스

- 가) 오차범위별 통계 [단위:회선]

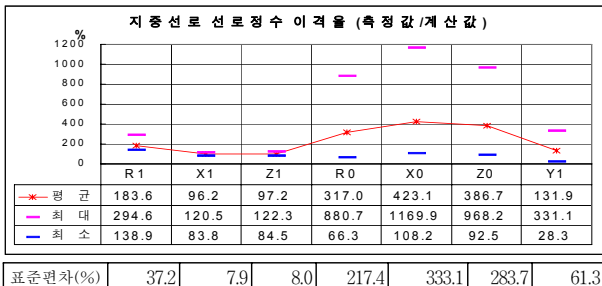
± 10%	+21~50%	+51~100%	+100~200%	+200~300%	합계
17	9	5	9	0	40

- ※ 오차는 계산상의 오차와 선로의 지상고의 변화(수목성장)등 선하지 조건이 건설 당시와 변화하여 발생된 것으로 사료됨
- ※ 긍정적측면 : 무효전력 수급계획 수립시 조상설비 투자비 절감 가능

4) 정상분과 영상분의 비

- Z0/Z1 계산값 평균 = 2.69, Z0/Z1 실측값 평균 = 2.66

2.2.2 지중선로 [단위:%]



1) 정상분 임피던스

- 가. 오차율 5%이상선로 : 총 46회선중 23회선

나. 오차범위별 통계 [단위:회선]

±5%	±6~10%	±11~15%	±16~20%	±20~25%	합계
22	14	6	2	2	46

- 다. X1/R1 평균값 = 6.21
※ 선로정수 오차가 심하고(약10%), 선로의 설치조건에 따라 오차변화가 많아 보호계전기 정정시 계산값을 적용하기에는 부적합

2) 영상분 임피던스

- 가. 오차율 5% 이상선로 : 46회선 전체 해당
- 나. 오차범위별 통계 [단위:회선]

+5%	+6~100%	+101~200%	+201~300%	+301~500%	합계
0	14	12	3	17	46

- 다. X0/R0 평균값 = 1.90
※ 지중선로 많은 사업소 시험장비 도입후 송전선로에 대한 실측 필요.
※ 향후 계산 Program의 정확도를 높이기 위한 연구과제가 필요함.

3) 정상분 어드미턴스

- 가. 계산값대비 평균 131.9±61.3%
- 나. 오차범위별 통계 [단위:회선]

±10%	±21~50%	+51~100%	+101~200%	+201~300%	합계
5	28	9	2	2	46

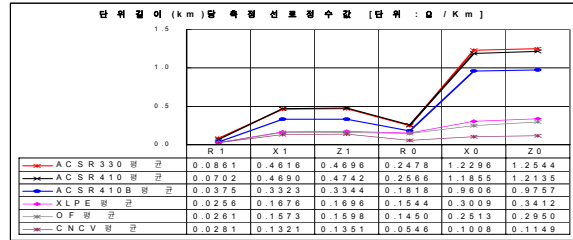
- ※ 어드미턴스의 측정값은 가공선로보다 낮은 것으로 측정됨.

4) 정상분과 영상분의 비

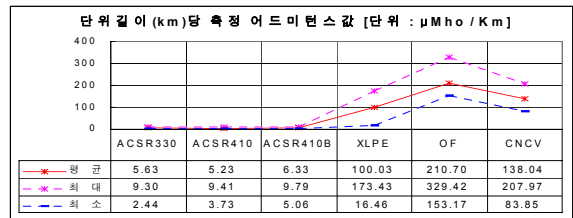
- 가. Z0/Z1 계산값 평균 = 0.48 (실측값 대비 25% 수준)
- 나. Z0/Z1 실측값 평균 = 1.87

2.3 선종별 단위길이당 선로정수

2.3.1. 정상, 영상임피던스



2.3.2. 어드미턴스



3. 결 론

- 선로정수는 각종 전력계통 해석의 기본데이터이다. 실측자료를 분석하면
- 1) 가공송전선은 오차범위내로 비교적 양호
- 2) 지중송전선은 영상임피던스에서 특히 오차가 크며, 이는 크로스본드 접지의 편단, 양단실시 등에 따라서 오차가 큰 것으로서, 지중선로의 선로정수 계산프로그램의 정확성 검토와 적용을 위한 연구가 필요하다.
- 전력계통 운용기술의 발달과 더불어 선로정수의 중요성이 점점하리라 생각되며, 앞으로 측정장비를 도입하여 실측분석하고 관련 자료를 축적하여 활용하고자 한다. 또한 정확한 선로정수의 구축은 전력계통해석의 정밀도를 향상시키고 안정적인 계통운영 및 정확한 계통계획 수립에 기여 할 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

[1] 한국전력연구원, "154kV 송전선로 선로정수측정 보고서", 2007
 [2] 한전기술연구원, "지중선 임피던스 및 허용전류 계산기술 연구", 1991
 [3] R. L. WEBB, "Impedance Measurements on Underground Cables", The British Library-"The World's knowledge" April, 1936
 [4] Westinghouse Electric Corporation, "Electrical Transmission and Distribution Reference Book", 1978