

경부고속철도의 고장점 표정 성능향상을 위한 단락임피던스 시험 Test Result of short circuit in Kyungbu High Speed Railway

김주락* 이장무* 정호성* 한문섭* 김정훈**
Kim, Joorak Lee, Changmu Jung, Hosung Moonseob Han Kim, Junghoon

ABSTRACT

This paper presents the result of short circuit test for traction power supply system. The test is performed for the purpose of improvement of fault locator and performed in Kyungbu high speed railway line. The test result of two substation is shown in this paper.

1. 서론

국가 교통 물류의 혁신적인 변화를 가져온 경부고속철도를 위시하여, 여러 간선철도의 전철화 사업으로 인하여 국내의 전철노선의 연장은 확장 일로에 있다. 특히 경부고속철도의 등장은 그 신속성 및 정시성에 기인하여 국민 생활에 일대 변혁을 가져왔다. 한편, 간선 전기철도는 점점 고속화 되고 대용량화 되고 있다. 이러한 발전은 차량에 전력을 공급하는 급전시스템의 대용량화도 의미한다. 급전시스템의 대용량화는 돌발적인 사고시 더 많은 악영향을 끼칠 수 있기 때문에 많은 운영 노하우와 연구가 필요하다. 특히 지락 혹은 선간 단락시 사고지점을 계산하여 주는 고장점 표정장치는 그 정확성이 매우 중요하여, 정확도에 따라 사고의 과급을 줄일 수 있고, 사고 제거 시간도 빨라질 수 있다.

본 연구에서는 경부고속철도의 고장점 표정반 정확도를 높이기 위하여 실제 계통에서 단락시험을 수행하였다. 시험은 한 급전구간에서 거리에 따라 단락 지점을 변화시키며 표정반 위치에서 바라본 단락 전류를 계산 하였다. 이와 같은 현장 시험은 시뮬레이션에 의한 결과보다 훨씬 신뢰도가 높으며, 실제 단락 상황과 매우 유사한 상황에서 수행되었다.

현장 시험은 전철변전소의 단전후에 시행하였으며, 스코트 변압기 2차측(55kV)에 전압을 인가함으로써 각 단락지점에 따른 측정을 하였다. 시험은 경부고속철도 5개 전철변전소 (안산, 평택, 신청주, 옥천, 김천) 모든 곳에서 실시하였지만 본 논문에서는 김천 변전소 결과와 안산 변전소 두 곳의 결과를 제시한다.

2. 현장시험 방법

고장점 표정장치는 계통의 사고시에 고장 지점을 계산하여 신속한 사고의 제거를 돕는 장치이다. 고장지점의 정밀한 계산은 사고 제거에 걸리는 시간을 단축시켜줄 뿐 아니라 계통의 차단 범위도 최소화할 수 있기 때문에 계통운영 입장에서는 매우 중요한 문제이다. 본 연구에서는 경부고속철도의 고장점 표정반의 정밀화를 위하여 실제 현장시험을 통하여 급전선로의 각 지점에서 단락을 상정하여 그 때의 임피던스 맵을 작성 하는 방식으로 수행하였다.

* 한국철도기술연구원, 정회원

** 홍익대학교 교수, 정회원

2.1 시험 결선도

본 연구에서 시행한 현장시험은 두 부분으로 나누어서 설명하도록 한다. 먼저 그림 1은 급전선로의 정해진 지점에 단락을 상정한 후에 전철변전소에서 전원을 인가하고 흐르는 전류를 측정하는 결선도를 보여주고 있다. 전원인가를 하는 전철변전소에서 그림에서는 전원 인가를 스코트 결선 변압기(main Tr.) 2차측에 하였다. 그림에서 AC 전원이 이를 보여주는 것이다. 이때 전원은 California Instrument社에서 제작한 Power Supply를 사용하여 전압을 인가하였다. 전압은 40~50V의 정전압을 인가하였다. 그 이상의 전압 인가는 Power Supply의 용량 한계 때문에 불가하였다. 또한 본 시험은 전차선과 레일간의 단락 임피던스를 구하기 위한 시험으로서 전압 인가를 전차선(TF)와 레일(R) 사이에 하는 것이 가장 정확하고 간단한 시험 방법이지만, 스코트 변압기 2차측부터 단권변압기(Auto Tr.) 까지 GIS설비로 모선 보호가 되어 있어 직접 전원을 연결하지 못하고 부득이 하게 스코트 변압기 2차측 인출점에 전원을 연결하였다. 이상과 같은 환경으로 그림 1과 같이 전원을 인가하였으며, 27.5kV 측의 전압 및 전류 측정은 단권변압기의 급전선(AF) 인출점과 전차선(TF) 인출점에서 수행하였다.

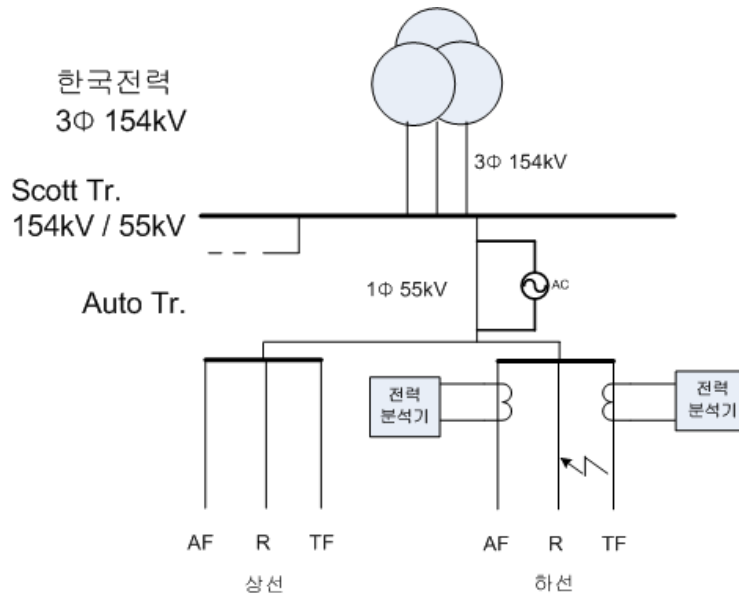


그림 1. 시험전압 인가 및 측정 결선도

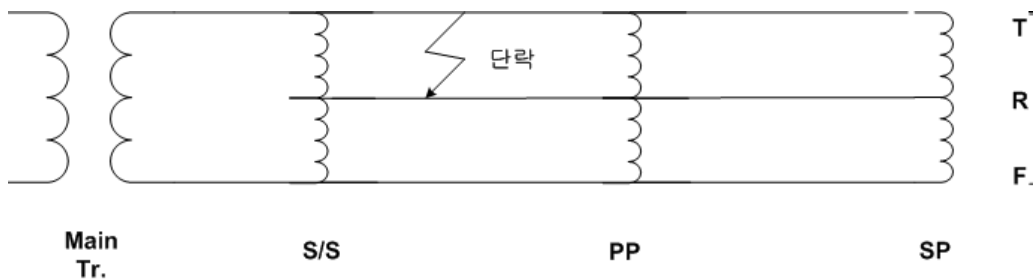


그림 2. 급전선로 단락 상정 결선도

그림 2는 단권변압기가 포함된 편상의 급전선로를 표현한 그림이다. 실제 계통은 한쪽 상에서 동일한 방향의 상·하행선로에 모두 급전을 하지만 그림 2에서는 편의상 단선선로로 표현 하였다. 한편, 단락은 그림에서와 같이 전차선과 레일 사이에 사고를 상정한다. 이러한 단락 상정을 거리에 따라 실시하여 급전선로의 임피던스 맵을 만드는 것이다.

2.1 단락 시험

그림 1 및 2에서 설명한 바와 같은 현장 시험조건하에서 고장점 표정반의 정밀계산을 위한 단락시험을 시행하였다. 먼저 시험 수행 단계는 다음과 같다.

- 가. 해당 시험 선로의 단전 명령 확인
- 나. 전원(Power Supply) 연결 및 계측기 설치
- 다. 단락 시험 위치에서 전차선과 레일간 단락 상정
- 라. 전원 인가 및 계측
- 마. 임피던스 계산
- 바. 다음의 단락고장 위치에서 다~마 반복 시험

위와 같이 시험이 수행되며, 시험은 항상 급전선로의 단전 후에 시행하였다.

단락지점의 경우에는 AT 위치를 100% 기준으로 20%, 50%, 75% 100%에서 시행하였다. 예를 들면, 안산S/S - 소하SP 구간의 경우 단락위치는 다음 표와 같다. 표에서와 같이 안산S/S - 소하SP 구간에서는 단락시험을 총 9회 실시 하게 된다.

표 1. 안산S/S-소하SP간 단락시험 위치

위치	거리정 [kmp]	상대거리 [km]	퍼센트 [%]
안산SS	34.818	0.000	0.000
	33.103	1.715	20.215
	30.598	4.220	49.741
	28.494	6.324	74.540
조남 PP	26.334	8.484	100.000
	24.971	9.847	19.494
	22.803	12.015	50.501
	21.038	13.780	75.744
소하 SP	19.342	15.476	100.000

3. 현장 시험 결과

앞장의 시험 방법으로 시험을 수행하였으며 그 결과를 본 장에서 서술하기로 한다.

시험은 경부고속철도 서울-동대구 구간의 5개 전철변전소에서 수행하였으나 본 논문에서는 김천S/S의 상촌SP 및 신동 구간과 안산S/S - 소하SP 구간의 측정 결과만을 보이기로 한다. 측정결과는 인가된 전압과 계측기에서 측정된 전압, 전류값을 보이고, 그것을 통하여 작성된 임피던스 값을 보이기로 한다.

먼저 안산S/S - 소하 SP 구간의 결과는 다음과 같다. 표 2는 안산S/S - 소하SP 구간의 인가 전압값과 그림 1의 AF 및 TF에서 측정된 전류값을 보여주고 있다. 그림 3은 표 2의 데이터로 계산한 단락 리액턴스 값을 보여준다. 또한, 김천SS - 신동SP 구간의 결과는 그림 4와 표 3에 보였으며, 그림 5와 표 4는 김천SS - 상촌SP의 결과를 보여준다. 세 구간의 리액턴스 결과는 그림 1의 전원부에서 바라본 단락

시 리액턴스 결과이다. 이는 고장점 표정반이 설치된 지점으로 55kV측에서의 단락 리액턴스 결과이다.

또한, 결과로 보인 모든 그림의 결과 형태가 유사함을 알 수 있다. 거리에 따른 리액턴스 값이 포물선 형태를 띠는 것은 단권변압기의 특성으로 인하여 각 단권변압기 지점에서 리액턴스 값이 감소하기 때문이다.

표 2. 안산 - 소하구간 측정결과

위치	상대거리	전원전압	서울하선(55kV)		
			TF	AF	(TF+ AF)
안산SS	-	-	-	-	-
20.000	1.715	120.000	38.750	17.360	56.110
50.000	4.220	149.000	27.800	15.330	43.130
75.000	6.324	150.000	20.800	16.000	36.800
조남 PP	8.484	133.000	15.070	16.830	31.900
20.000	9.847	150.000	13.445	12.455	25.900
50.000	12.015	150.000	9.775	10.555	20.330
75.000	13.780	149.000	10.050	8.990	19.040
소하 SP	15.476	150.000	10.750	9.650	20.400

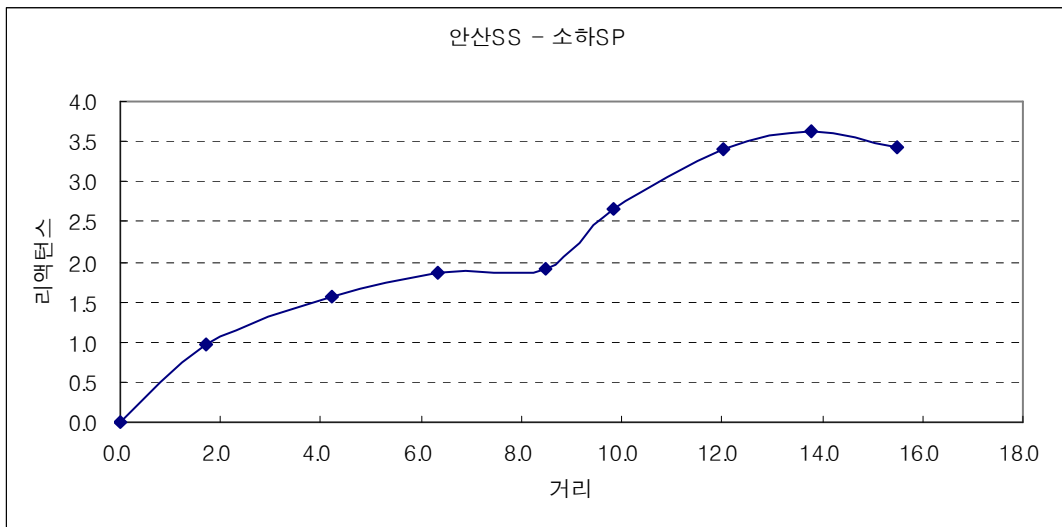


그림 3. 거리에 따른 단락 리액턴스 크기 (안산-소하구간)

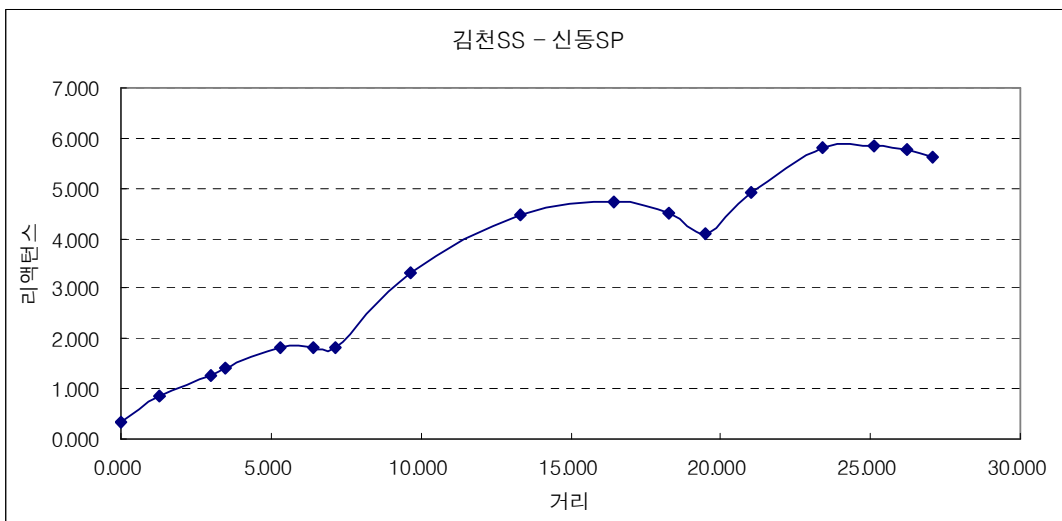


그림 4. 거리에 따른 단락 리액턴스 크기 (김천-신동구간)

표 3. 김천 - 신동구간 측정결과

위치	상대거리	전원전압	부산상선(55kV)		
			TF	AF	(TF+ AF)
김천	0.000	48.500	46.000	15.960	61.960
20.000	1.278	108.000	40.750	16.000	56.750
50.000	3.476	149.000	31.600	16.010	47.610
75.000	5.339	150.000	22.700	14.920	37.620
90.000	6.439	140.000	19.335	15.765	35.100
오봉	7.132	127.000	16.515	15.785	32.300
20.000	9.637	150.000	10.295	10.345	20.640
50.000	13.326	149.000	7.660	7.720	15.380
75.000	16.437	160.000	7.830	7.850	15.680
90.000	18.262	152.000	7.830	7.850	15.680
동안	19.516	139.000	7.820	7.940	15.760
20.000	21.018	163.000	7.795	7.765	15.560
50.000	23.398	195.000	7.820	7.810	15.630
75.000	25.090	196.000	7.775	7.825	15.600
90.000	26.213	194.000	7.815	7.855	15.670
신동	27.074	186.000	7.820	7.740	15.560

표 4. 김천 - 상촌구간 측정결과

위치	상대거리	전원전압	서울상선(55kV)		
			TF	AF	(TF+ AF)
김천	0.000	59.000	45.000	16.390	61.390
20.000	2.968	150.000	32.200	13.510	45.710
50.000	7.360	150.000	16.060	8.510	24.570
75.000	10.984	150.000	11.865	8.305	20.170
90.000	13.160	150.000	10.605	9.275	19.880
덕천	14.640	149.000	9.850	10.300	20.150
20.000	16.899	158.000	7.665	7.945	15.610
50.000	20.307	205.000	7.635	7.805	15.440
75.000	23.139	208.000	7.750	8.010	15.760
90.000	24.867	194.000	7.625	7.835	15.460
상촌	25.723	186.000	7.650	7.810	15.460

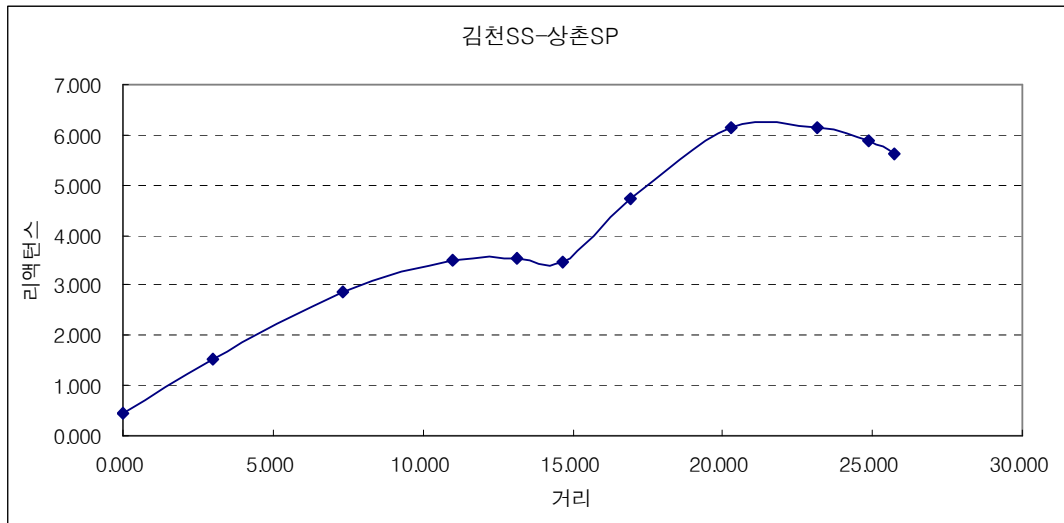


그림 3. 거리에 따른 단락 리액턴스 크기 (김천-상촌구간)

4. 결론

본 논문에서는 경부고속철도의 각 전철변전소에 설치된 고장점 표정장치의 정확도를 높이기 위하여 고장점 표정장치에서 바라본 단락시 임피던스를 실측한 결과를 제시하였다. 임피던스는 스코트 결선 변압기 2차측에서 인가한 전압에 의해 흐르는 전류를 측정함으로써 구하였다.

고장점 표정반의 리액턴스 측정 및 계산은 경부고속철도의 5개 전철변전소에서 수행하였으나 본 논문에서는 김천SS - 신동SP, 김천SS - 상촌SP, 그리고 안산SS - 소하SP 구간에서 측정된 결과를 보였다. 본 연구의 결과를 이용하여 경부고속철도의 고장점 표정반의 임피던스 데이터를 정정하였으며, 그 결과 고장점 표정장치의 성능이 향상되었음을 확인하였다.

참고문헌

1. 김양수의 '전기철도공학', 동일출판사
2. 김정철, '전기철도의 급전시스템과 보호', 技多利
3. 이장무의 (2003) "경부고속철도 서울-대구구간 전력품질 안정화대책연구 보고서", 한국철도기술연구원