

충북선에서 전차선대 조가선의 전류 분포비에 대한 측정 결과
Measuring results of the current distribution ratio between the contact
wire and messenger wire in Chungbuk Line catenary

권삼영 * 박영 * * 정호성 * * 박현준 * *
Kwon, Sam-Young Park, Young Jung, Ho-Sung Park, Hyun-Jun

ABSTRACT

In this paper, the measuring of the current distribution ratio between catenary and messenger wire on the condition of directly applying voltage to catenary at the Chungbuk line catenary in a process of de-icing system performance test is described. measuring method and measured data are explained. Result values are also reviewed.

1. 서론

전기철도에서 커티너리(Catenary) 타입의 전차선로는 전차선과 조가선이 별도의 전선으로 구성된다. 전차선은 차량의 집전장치(팬터그래프)에 직접 접촉되어 전기를 전달한다. 조가선도 전기의 통로 역할을 가지고 있는데 이것은 전차선을 지지하기 위한 목적과 함께 고유의 역할에 해당된다.

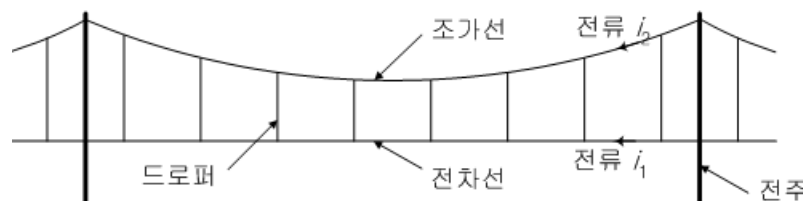


그림 1 심플 커티너리(Simple Catenary) 일반구간 형상

커티너리에서 전차선과 조가선은 동일 전기 회로를 형성한다. 따라서 전류는 전차선과 조가선에 분배되어 흐르게 된다. 이 전류 분배 비율은 전기철도에서 중요한 파라미터이며, 전차선과 조가선의 전선 사이즈 결정 등과 같은 전차선로 설계에서 중요 변수로 작용한다.

본 논문은 해빙시스템 성능 시험과정에서 충북선 전차선로에서 전차선과 조가선 사이의 전류 분류비를 직접 전차선로에 저압을 인가한 상태에서 측정한 내용에 대하여 기술한다. 측정한 방법을 기술하고 측정 결과에 대하여 기술한다. 이론적 근거도 살펴보고 이를 측정값과 비교 검토해 본다.

* 책임저자 : 한국철도기술연구원, 정회원

* 한국철도기술연구원, 정회원

2. 본론

2.1 중복선에서 측정 방법

2005년 6월 중복선 충주변전소에서 기존선용 전차선 해빙 시스템을 개발하기 위한 성능시험의 일환으로 해빙회로 임피던스를 측정하는 과정에서 전차선과 조가선의 전류 분포비의 측정이 이루어졌다. 충주 변전소(SS)에서 다음 그림과 같이 전류를 주입(Injection)하여 「충주 SS → 봉양 구분소(SP) → 음성 구분소(SP) → 충주 SS」로 귀환하도록 회로를 인위적으로 구성한 후(길이 50.79 km×2 ≃ 100km) 실시되었다. 이 구간의 단권변압기(AT)는 사전에 모두 회로에서 분리되었다. 음성 SP, 봉양 SP에서는 상하선간 타이 차단기가 투입되었고, 봉양방면 하행선 전차선과 음성방면 하행선 전차선은 점퍼선으로 임시 연결하였다. 음성방면 상행선 전차선 쪽으로 전류가 주입되었다.

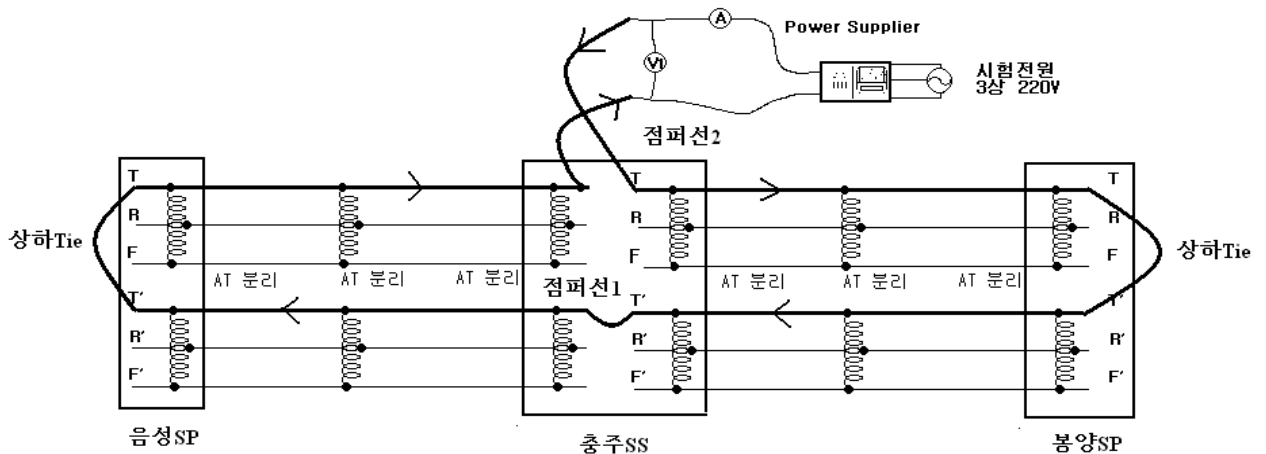


그림 2 해빙 성능 시험 회로도(전류 분포비 측정시 회로도)

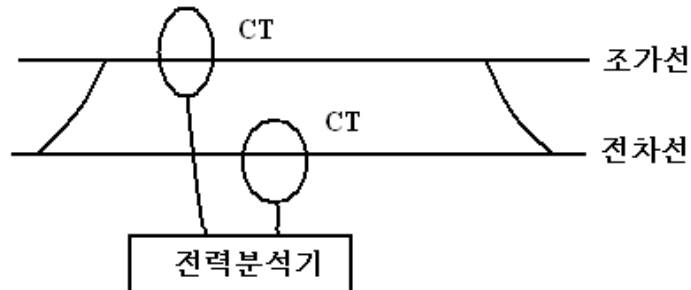


그림 3 첫 번째 지점에서 전차선 조가선 전류비 측정 결선

측정은 두 지점에서 이루어졌다. 첫 번째 지점은 전류가 입력되는 지점에 인접한 지점이다. 이 지점의 특징은 변전소와 절연구간을 바로 벗어난 지점으로서 커티너리에 전차선과 조가선 사이 균압선이 바로 인접하여 있다. 두 번째 지점은 일반구간 커티너리 상에서 측정하였다. 측정은 작업자가 직접 단독주 위에 올라간 상태에서 Clamp-on 미터를 이용하여 측정하였다. 이 구간의 커티너리는 가장 심플한 일반구간의 전형적인 전차선로였다. 주위에 전차선과 조가선 사이의 균압선은 최소 50미터 이상 떨어져 있었다. 측정은 입력단에서 50[V]씩 단계별로 전압을 상승시켜가면서 최종적으로 150[V]까지 인가하여 측정하였다.

2.2 중복선에서 측정 결과

측정 결과 전차선과 조가선의 전류 분포비는 대략 53% : 47%로 나타났으며 상세한 내용은 다음 표와 같다.

표 1 전차선과 조가선 사이 전류 분포비 측정 결과

전원 전압[V]	전력분석기[A]			전류 분포비[%]
	합계	전차선	조가선	전차선 : 조가선
50	1.82	0.94	0.90	51.09% : 48.91%
100	3.26	1.72	1.56	52.44% : 47.56%
150	4.82	2.56	2.25	53.22% : 46.78%

2.3 전차선과 조가선 전류 분포비에 대한 이론적 계산

직류 구간의 경우는 각 전선 사이의 전류 분포는 각각의 저항에 반비례한다. 이것은 실험으로도 확인된 바 있다[1]. 중복선에 직류를 흘린다면 전차선(Cu110mm², 0.1592Ω/km)과 조가선(CdCu70mm², 0.3315Ω/km)의 저항비는 1/0.1592 : 1/0.3315 = 67.6 : 32.4(%)이므로 전류 분포비도 전차선 : 조가선 = 67.6 : 32.4(%)가 될 것이다.

그러나 교류 철도에서는 계산의 기본이 다르다. 교류의 경우는 각 선의 자기임피던스와 다른 선과의 상호임피던스를 다 고려해야만 한다. 엄밀하게는 급전선과 귀선 레일과의 상호임피던스도 고려해 주어야 하므로 계산이 매우 복잡해진다.

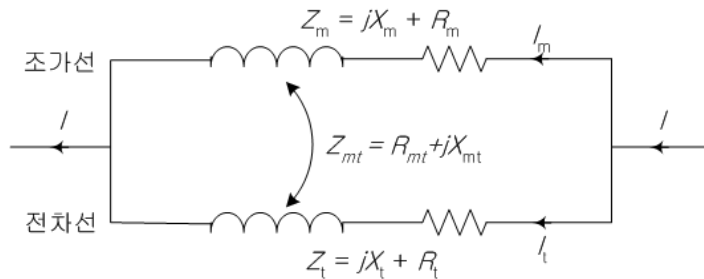


그림 4 심플 커터너리에서 교류 전류 분류 모델링

$$V = Z_m I_m + Z_{mt} I_t \quad (1)$$

$$V = Z_{mt} I_m + Z_t I_t \quad (2)$$

$$I_m = \frac{V(Z_t - Z_{mt})}{Z_m Z_t - Z_{mt}^2} \quad I_t = \frac{V(Z_m - Z_{mt})}{Z_m Z_t - Z_{mt}^2} \quad (3)$$

$$I_m : I_t = (Z_t - Z_{mt}) : (Z_m - Z_{mt}) \quad (4)$$

전차선과 조가선의 자기 임피던스와 상호 임피던스는 Carson-Pollaczek에 의한 방법으로 계산한다. 계산 결과는 아래 표와 같고 측정치와 매우 근접한 값을 보임을 알 수 있다.

표 2 이론적으로 계산한 값과 측정값

방법	전차선[%]	조가선[%]	비고
예측	55.23	44.77	Carson-Pollaczek 방법
측정	53.22	46.78	충주변전소 측정(150[V])

3. 결론

전차선 조가선사이의 전류 분포 비율에 대하여 이번 중복선에 실제 측정을 통하여 확인해 본 것은 큰 의미를 가지는 것으로 자평하고 있다. 그 이유는 그동안 많은 문헌에서 서로 다른 데이터들이 등장하였고, 그로 인해 많은 혼란이 있었고, 이것이 실제 설계 자료 등에 반영되었기 때문이다. 이번 측정에서 중복선과 같은 전차선로에서 전차선과 조가선의 전류 분포비는 물론 장주(표준장주, 오버랩 등)마다 조금씩 다르고, 개소마다(토공, 터널, 교량 등) 조금씩 다르고, 전차선로의 가선 조건(균압선, 전차선과 조가선의 높이차 등)에 따라 조금씩 다르겠지만 일반토공구간 표준장주에 대하여 55 : 45 퍼센트의 비율로 흐르는 것으로 보는 것이 실제 측정을 통하여 합당함을 확인하였다.

참고문헌

1. 일본철도총합기술연구소편, 1993.10.10, “전차선과 펜터그래프의 특성”, 재단법인 연우사