

전기철도의 급전시스템 선정

한문섭*, 김용규*, 권삼영*, J.P. PERRET**
 한국철도기술연구원*, 프랑스 철도**

Feeding System in Electric Railway

M.S. Han*, Y.K. Kim*, S.Y. Kwon*, J.P. PERRET**
 KRRI*, SNCF**

Abstract - 국내에서 운용중인 단권변압기를 사용한 단권변압기(Auto-Transformer) 급전계통이 철도청의 경우 상하선을 전기적으로 구분하여 사용하고 있는 반면, 건설중인 고속철도의 경우 상하선을 병렬연결하고 있어 이에 대한 시뮬레이션을 수행하여 전기적인 장단점을 확인하여 향후 급전계통 방식을 선정하는데 기본안을 제시한다.

1. 서 론

국내의 전기철도에서의 급전시스템은 단권변압기를 이용한 단권변압기 급전계통을 주로 사용하고 있다.

모든 국내에서 운용하는 신호방식은 단방향 운행만이 가능하기 때문에 복선일 경우 두 선간을 연결하여 운용할 필요가 없어 모든 급전방식은 선간을 서로 구별하여 운용하여 왔다.

하지만 고속철도의 도입에 따라 양방향 운전이 가능하게 되면서 급전방식 또한 복선의 상하간을 서로 연결운행할 목적으로 상하선을 병렬연결 하였다.

국내에서는 계속적인 전철화 계획을 추진하고 있어, 본 2가지 급전방식중에서 보다 경제적이고 운용상에 편리한 급전방식을 채용하는 것이 요구되고 있다.

이에 따라 두 계통의 장단점을 검토한다.

2. 본 론

2.1 급전시스템

국내의 급전시스템은 한전으로부터 154kV 상상전력을 받아 스코트변압기를 이용 M과 T상의 단상으로 변환시켜 각각 방면별 급전을 한다. 한 개의 단상 급전계통은 상하선 복선에 병렬로 급전을 담당하고 있다. 그림 1과 2는 각각 병렬연결이 없고 있을 경우의 급전계통도를 보이고 있다.

통상 단권변압기의 설치간격은 10km 정도이며 변전소 간의 거리는 약 50km이다. 변전소와 변전소의 중간지점은 양쪽 변전소의 전압위상이 다르기 때문에 개폐설비로써 전기적으로 구분하여(급전구분소) 운전하고 있는데 이것은 변전소 고장시 인근 변전소에서 연장급전을 하기 위해 해결해 주는 역할도 한다. 단권변압기는 변전소 간격에 따라 중간에 1-2개소에 설치하게 되는데 경우에 따라 이곳에 상하행선을 연결하는 개폐기가 함께 설치된다.(병렬 급전소 : Paralleling Post)

여기서 SP는 급전구분소(Sectioning Post) 이고 SPP는 급전병렬구분소(Sectioning Paralleling Post)이다. SSP는 급전보조구분소(Sub-Sectioning Post)

이다.

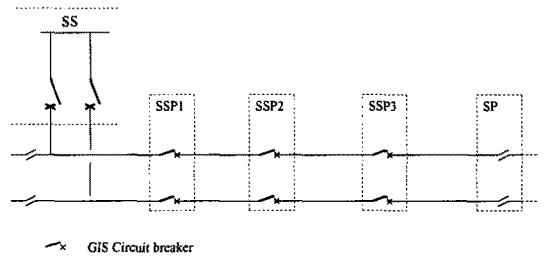


그림 1. 병렬연결이 없는 급전방식

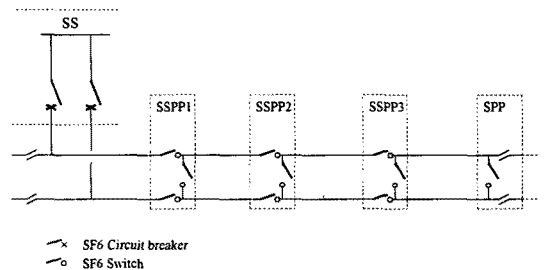


그림 2. 병렬연결이 있는 급전방식

2.2 병렬연결에 따른 영향 검토

2.2.1 단권변압기 급전방식

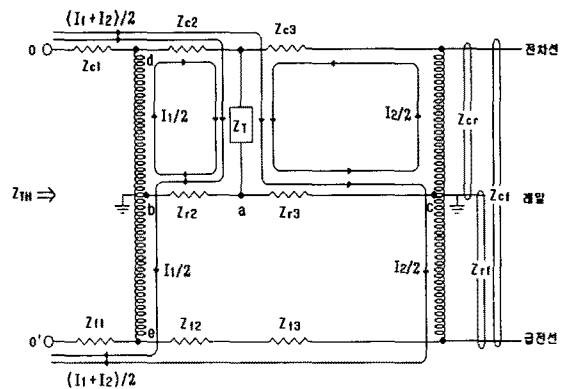


그림 3. 단권변압기선로의 등가모델

단권변압기 급전선로에 대한 일반적인 등가모델은 그림 3과 같이 구성되며, 아울러 단권변압기 특성에 의한 루우프 전류의 분포도 그림 3에 함께 나타내었다.

그림은 단권변압기 사이에 부하임피던스 Z_T 인 차량이 운행하고 있는 경우를 나타낸 것이다. 여기서 Z_{C1} , Z_{C2} , Z_{C3} , Z_{r2} , Z_{r3} , Z_{f1} , Z_{f2} , Z_{f3} 는 각각 전차선, 레일, 급전선의 자기임피던스이며 Z_{Cr} , Z_{Cr} , Z_{rf} 는 각각 전차선-레일간, 전차선-급전선간, 레일-급전선간의 상호임피던스를 의미한다. 또한 OO' 는 스코트변압기의 2차인 단상 급전측 단자이다.

이 루우프 전류 분포도를 이용하여 복선구간에서 전차선 지락시 고장임피던스를 구하면 다음 그림과 같다. 그림 4는 구분소에 병렬연결이 없는 경우, 그림 5는 병렬연결이 있는 경우의 고장임피던스의 값 및 위상을 나타내고 있다.

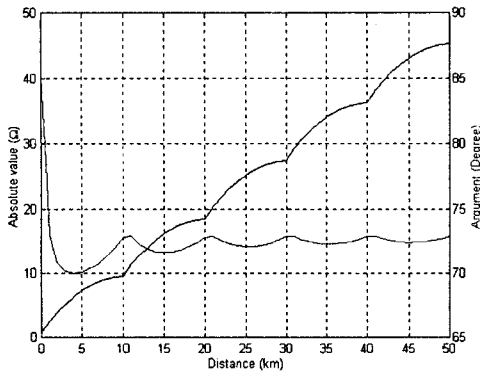


그림 4. 병렬연결이 없는 경우

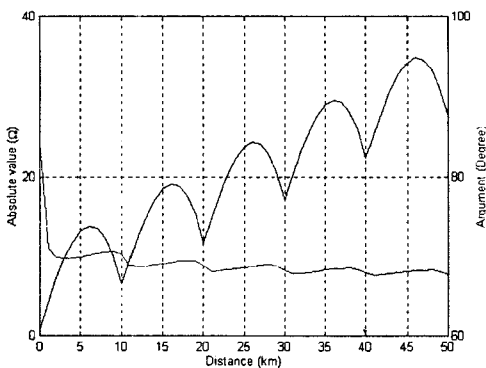


그림 5. 병렬급전이 있는 경우

2.2.2 결과 비교

두 급전방식의 기술적인 장단점 비교를 위해 구분소간의 간격은 10km로 하고 연장급전을 고려하기 위해 단권변압기를 5개가 설치된 것으로 가정하였다.

1) 전압강하

전압강하를 계산하기 위해 17MVA 차량이 한쪽 궤도를 따라 운행 할 경우에 차량 위치에 따른 전압강하는 그림 6과 같다. 세 번째 단권변압기가 설치된 30km 위치를 급전구분소라 하면 병렬을 설치한 경우가 1.05kV의 전압강하가 적고 이에 따라 소비전력 또한 평균 1.6%정도 절약된다.

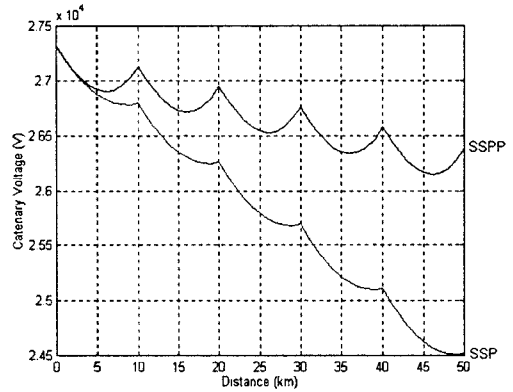


그림 6. 전압강하

2) 고장임피던스 영역

지락사고 검출을 위해 임피던스 계전기의 고장임피던스 영역을 결정하기 위한 저항과 리액턴스의 관계는 그림 7과 같다. 병렬연결을 할 경우와 아닐 경우, 위상차가 발생한다. 또한 전차선로 상의 가장 악조건인 모든 단권변압기가 고장이 나고 병렬연결이 없을 경우를 고려할 때 병렬연결을 한 경우와 거의 동일한 위상을 갖는다.

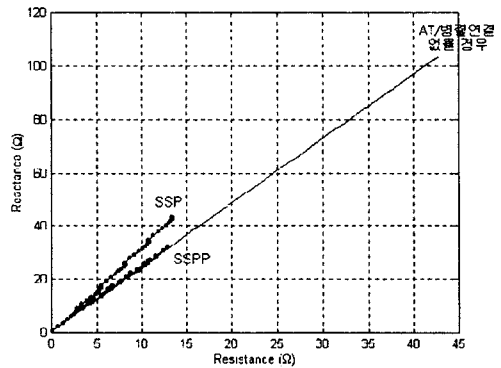


그림 7. 고장임피던스 영역

3) 고장전류

고장전류의 경우 연장급전을 고려할 때 그림 8과 같이 변압기 근처에서 지락 발생시 가장 큰 고장전류가 발생하며, 급전 말단의 고장전류는 병렬연결이 있는 경우 2kV 정도이고 병렬연결이 없는 1kV로, 병렬연결이 없을 경우 고장검출이 있는 경우보다 어렵다.

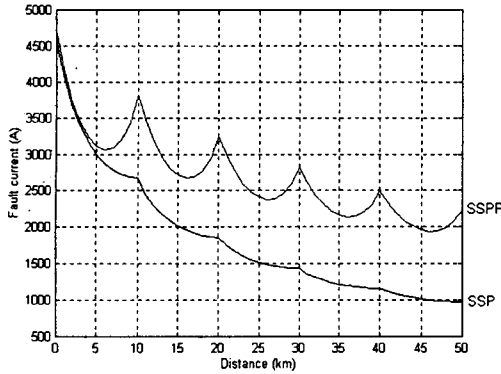


그림 8. 고장전류

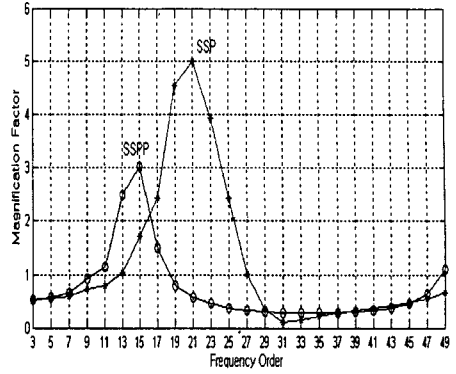


그림 10. 고조파확대율

4) 고장점 표정장치

고장점 표정장치는 리액턴스와 흡상전류비 방식이 있다. 최근에는 단권변압기 급전방식에서 고장위치의 정확한 파악을 위해 흡상전류비 방식이 설치되었다.

흡상전류비방식의 고장점표정장치는 사고지점 양측에 설치된 두 단권변압기 중성선에 흐르는 전류의 비를 이용하여 고장위치를 정확히 파악하게 된다. 그림 9는 고장위치에 따른 전류비를 나타내고 있으며 병렬연결이 없는 경우 거의 비례관계가 있으나 병렬연결이 있는 경우는 그러하지 않다. 하지만 사고발생시 병렬연결을 제거하고 재폐로할 때 병렬이 없는 경우와 동일한 계통이 되어 직선적인 결과를 얻을 수 있다.

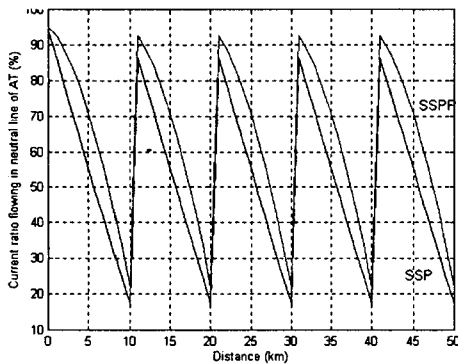


그림 9. 흡상전류비 방식의 고장점표정

5) 전파장해

그림 10은 차량이 급전구분소 위치에서 각 조파에 대해 1A의 고조파전류를 발생할 때 변전소에 흐르는 고조파 전류의 변화율을 나타내고 있다.

병렬연결이 없을 경우 21조파에서 최고 5배의 확대현상이 발생하고 병렬연결이 있는 경우 15조파에서 3배의 확대현상이 발생한다.

3. 결 론

본 연구에서는 변전소에서 방면별 복선에 대해 급전을 할 경우 상하선의 병렬연결 유무에 대해 전기적 장단점에 대해 검토를 하였다.

최근 국내에서는 수도권 뿐만 아니라 도시권을 운행하는 철도노선에 대한 많은 전철화가 이루어지고 있다. 이에 따라 경제적인 검토 뿐만 아니라 기술적인 검토가 매우 중요하게 이루어져야 하여야 할 것으로 판단된다. 이러한 기술적인 검토시 본 연구에 대한 검토가 참고가 되었으면 한다.

참고로 본 연구는 고속철도건설 중 철도청의 동대구-부산간 기존선 전철화에 대한 자문시 수행된 사항이다.