

인접한 AT와 BT급전계통에서의 연장급전방안

한문섭, 이정무, 정호성, 김주락
한국철도기술연구원, 전기신호연구본부

Consideration on a extended feeding between AT and BT Feeding System

Moonseob Han, Jangmu Lee, Hosung Jung and Jurak Kim
Korea Railroad Research Institute, Signalling and Electrical Research Department

Abstract - 전기철도에서는 한 전철변전소에서 급전이 용이하지 못할 경우 인근변전소에서 연장급전을 수행한다. 특히 AT(Auto Transformer)와 BT(Booster Transformer)급전시스템이 인접한 경우 연장급전운영을 하기 위한 방안 및 전기적인 요소를 급전계통모의를 통하여 검토하여 그 급전가능성을 제시한다.

1. 서 론

국내 교류전기철도에서는 70년대 초 청량리에서 동해간 BT급전계통이 건설되었으나 그 이후 AT급전계통이 채택되어 계속적으로 건설이 되었고 국내 표준교류급전시스템으로서 최근 고속철도 및 동대구-부산 간과 서대전-목포간 기존선 전철화구간이 건설되었다.

한편 전기철도에서는 한 전철변전소가 급전을 못할 경우 인접한 전철변전소에서 전력을 구분소를 통하여 연장하여 급전하여 운영하는데 이를 연장급전이라 한다. 특히 종래에는 AT와 BT급전계통이 인접한 구간은 철암구분소 만이 있었는데 최근 BT급전계통이 노후화 되면서 이를 AT급전계통으로 단계적인 개량 공사가 진행 중에 있어 인접구간이 증가하게 되었다.

본 연구에서는 AT와 BT급전계통이 인접되어 각각의 방향으로 연장급전계통을 운영할 때 급전계통모의를 통하여 급전계통의 특성 파라미터를 근거로 분석하고 급전가능성을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 급전계통의 특성

전기철도는 사용되는 전기에 따라 크게 직류와 교류급전방식으로 나눌 수 있다. 교류급전방식의 경우 직접급전방식, BT급전방식 및 AT급전방식으로 대별된다. 전철화가 진행되어 오면서 초기에는 직접급전방식이 주류를 이루어 왔지만 전압강하 및 통신유도의 경감에 적합한 BT급전방식, 이어서 AT급전방식으로 발전을 하였다. 국내에서는 전철화 초기에 BT급전방식이 건설되었지만 이후 수도권전철화를 계기로 AT급전방식이 사용되면서 최근까지 건설되고 있다.

2.1.1 BT 급전방식

BT급전방식은 그림1에 나타낸 것처럼 약 4km마다 전차선에 섹션(section)을 만들고 BT를 배치하여 레일에 흐르는 귀선전류를 흡상하는 구성이며 통신유도 경감 효과가 크다. BT급전방식은 통신 유도 경감 작용면에서는 우수하나, 직접 급전방식에 비해 회로 구성이 복잡해지고 급전회로 임피던스도 크다는 등의 불리한 점이 있다.

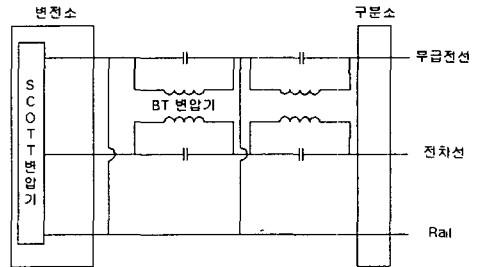


그림 1. BT급전방식의 구성

2.1.2 AT 급전방식

AT급전방식은 그림2에 나타낸 바와 같이 변전소의 급전 전압을 전차선 전압보다 높게 하고, 선로를 따라 약 10km마다 설치된 AT로 필요한 전차선 전압으로 강압하여 전기차에 전력을 공급하는 방식이다.

AT의 권수 비를 1:1로 하여 변전소의 급전 전압은 전차선 전압의 2배이다. 부하 용량을 일정하게 하면 전류는 1/2로 되므로, 전압 강하는 전차선 전압으로 환산하면 1/4로 되어 변전소 간격을 크게 취할 수 있으며, 대전력의 공급에 적합하다. 더욱이 부하 전류가 좌우의 AT에 의해 흡상되기 때문에 긴 통신선에 대한 유도 전압을 상쇄하는 점과 레일에 흐르는 전류를 한정하는 점 등으로 인해 유도장해 경감 효과도 크다. 그러나, 상당한 용량의 AT를 약 10km마다 배치해야 하고 전차선과 동일한 절연 계급의 급전선을 설치하여야 하기 때문에 회로 구성은 복잡해진다.

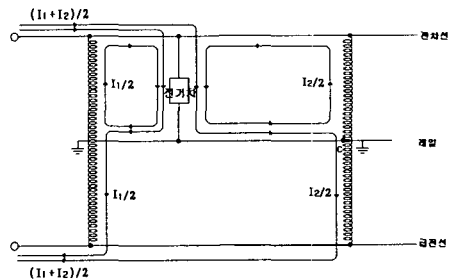


그림 2. AT 급전시스템의 개략도

2.2 급전계통해석

본 절에서는 AT와 BT급전방식에 대한 급전계통을 해

석방법을 설명한다.

먼저 교류 AT급전계통에서는 급전계통을 특성별 모듈로 구분하여 단위계통의 입력과 출력단을 식1과 같이 행렬 $M_{5 \times 5}$ 을 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} V_I \text{ 전차선} \\ V_I \text{ 급전선} \\ V_I \text{ 레일} \\ I_I \text{ 전차선} \\ I_I \text{ 급전선} \\ I_I \text{ 레일} \end{bmatrix} = M_{5 \times 5} \begin{bmatrix} V_O \text{ 전차선} \\ V_O \text{ 급전선} \\ V_O \text{ 레일} \\ I_O \text{ 전차선} \\ I_O \text{ 급전선} \\ I_O \text{ 레일} \end{bmatrix} \quad \text{---식(1)}$$

즉, 예를 들어 그림3과 같은 계통구성의 경우, 삼상 전원계통, 스코트변압기와 단권변압기, 전차선로, 급전보조구분소 (SSP:Sub-Sectioning Post)의 단권변압기, 전차선로, 전차차 임피던스, 전차선로, 급전보조구분소의 단권변압기, 전차선로, 급전구분소 (SP:Sectioning Post)의 단권변압기로 각 단위계통의 단자망 행렬을 각각 구하면 식(2)와 같은 연립방정식을 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} V_S \\ V_S \\ V_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{SS} \\ (3 \times 5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{\text{전차선로}} \\ (5 \times 5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{SSP} \\ (5 \times 5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{\text{전차선로}} \\ (5 \times 5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{\text{전차차}} \\ (5 \times 5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{\text{전차선로}} \\ (5 \times 5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{SSP} \\ (5 \times 5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{\text{전차선로}} \\ (5 \times 5) \end{bmatrix} \quad \text{---식(2)}$$

$$\begin{bmatrix} V \\ V \\ V \\ I \\ I \\ I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{SP} \\ (5 \times 5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \text{ 전차선} \\ V \text{ 급전선} \\ V \text{ 레일} \\ I \text{ 전차선} \\ I \text{ 급전선} \\ I \text{ 레일} \end{bmatrix}$$

식(2)를 풀면 SP에서 상하선의 전차선, 급전선 및 레일의 전압과 전류를 구할 수 있고, 이 값을 이용하여 모든 위치에서의 상하선 전차선, 급전선 및 레일의 전압과 전류를 구할 수 있다.

또한 BT급전계통의 경우 그림3과 같이 전차선T와 레일R간과 전차선T와 부급전선NF간의 단락임피던스를 보면 T-R간에는 BT의 임피던스의 영향을 나타내지만 T-NF간의 단락을 볼 때 BT의 영향없이 순수한 선로임피던스만을 보이고 있다. 그러므로 본 BT급전방식 해석시에는 T-NF간의 단락사고를 고려한다.

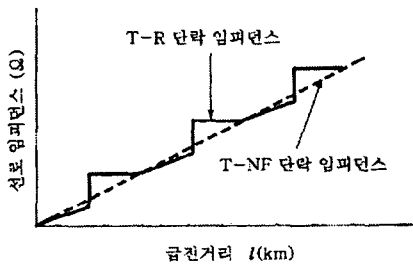


그림 3. BT급전방식의 단락임피던스

2.3 연장급전

앞 절의 급전계통해석 알고리즘을 이용하여 AT전철변전소에서의 BT급전계통으로의 연장급전과 BT전철변전소에서의 AT급전계통으로의 연장급전을 모의한 결과는

다음과 같다.

두 방식 전철변전소의 급전거리는 20km, AT는 10km마다 설치된 것으로 가정하였다.

모의결과는 급전거리별 고장전류의 크기와 위상각, 급전거리별 고장전류 및 저항과 리액턴스의 제적으로 나누어 제시하였으며 AT와 BT전철변전소에서 각각 AT와 BT급전계통으로 연장급전 할 때를 비교하여 다른 급전계통으로 연장급전 할 때의 가능성을 검토 분석하였다.

2.3.1 AT전철변전소에서의 연장급전

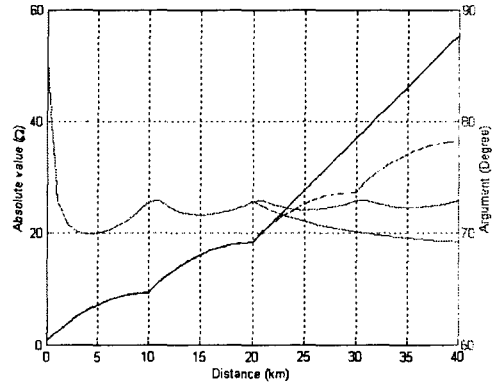


그림 4. 급전거리별 임피던스

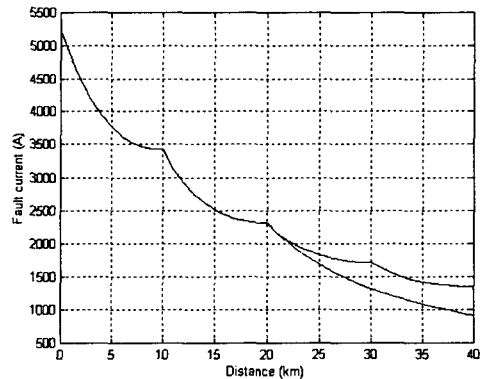


그림 5. 고장전류

AT전철변전소에서 BT급전계통으로 연장급전시를 AT급전계통으로의 연장급전시와 비교한 모의결과는 그림 4부터 6과 같다.

그림4에서 급전거리에 따른 임피던스를 볼 때, 임피던스의 크기가 AT로 연장급전 할 때보다 두배 증가하므로 보호영역의 증가가 필요하며 또한 BT연장급전시 선로임피던스에 의한 역률 감소가 있음을 알 수 있다.

그림5에서 고장전류를 보면 고장전류가 BT연장급전시 감소하여 고장검지에 대한 유의가 요구된다.

그림6에서 임피던스의 제적을 보면 앞서 논한 것과 같이 보호영역의 증가가 요구되며 특히 리액턴스는 두배, 저항은 약 3배의 증가가 되었다.

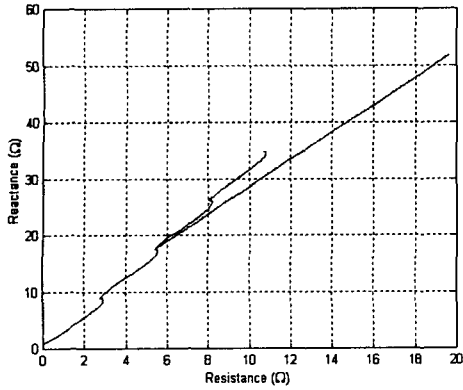


그림 6. 임피던스 궤적

2.3.2 BT전철변전소에서의 연장급전

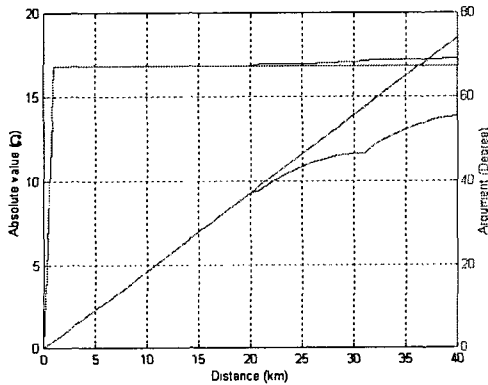


그림 7. 급전거리별 임피던스

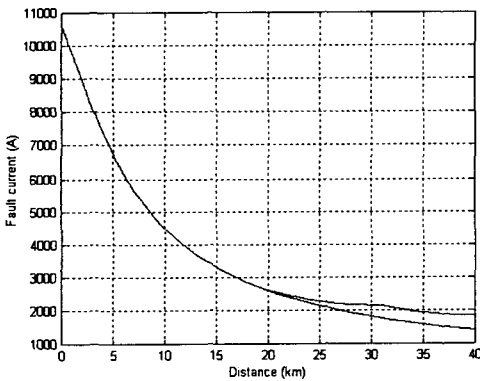


그림 8. 고장전류

BT전철변전소에서 AT급전계통으로 연장급전을 BT 급전계통으로의 연장급전시와 비교한 모의결과는 그림 6 부터 8과 같다.

그림6에서 급전거리에 따른 임피던스를 볼 때, 임피던스의 크기가 BT로 연장급전 할 때보다 반으로 감소하며 또한 AT연장급전시 선로임피던스에 의한 역률 증가함을 알 수 있다.

그림7에서 고장전류를 보면 고장전류가 AT연장급전시

증가하여 고장검지가 보다 효과적임을 알 수 있다.

그림9에서 임피던스의 궤적을 보면 앞서 논한 것과 같이 리액턴스는 반, 저항은 1/3 감소가 되었다.

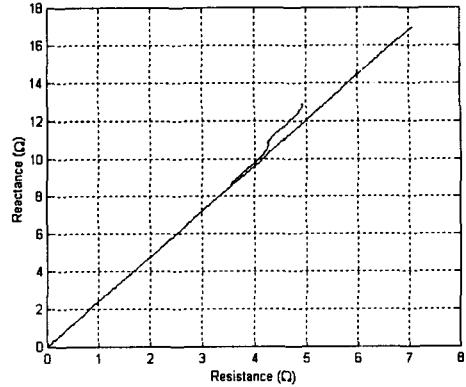


그림 9. 임피던스 궤적

3. 결 론

본 논문에서는 전기철도에서 발생할 수 있는 아주 특이한 경우인 다른 급전방식으로의 연장급전을 검토하기 위해 급전계통해석을 통하여 분석하였다. 본래 전철변전소 설계시 동일 급전방식으로의 연장급전을 고려하여 설계한 것으로 간주하여 이를 서로 비교하여 가능성을 확인하였다.

결론적으로 AT전철변전소에서 연장급전할 때를 제외 하곤 큰 문제점은 발생하지 않는 것으로 나타났다.

[참 고 문 헌]

- (1) "급전시스템기술강좌", RTRI, 1995.9
- (2) 전기철도의 급전시스템 선정, 대한전기학회 2001년도 하계 학술대회 논문지
- (3) 오광해외2인, "경부고속철도 시험선로의 고조파해석을 위한 10단자 회로망 모델", 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템학술회 2001년도 춘계학술대회 논문지
- (4) 한문섭외3인 "급전계통 파라미터의 통신유도영향분석", 대한전기학회 2001년도 하계학술대회 논문지