

전기철도차량용 진공차단기의 투입에 따른 고주파 재발호 진동발생 모의분석

정기석*, 장동욱*, 정중덕*
한국철도기술연구원*

Modeling the Occurrence of High-frequency Reignition Oscillation by Closing the Vacuum Circuit Braker on the Electric Railway Vehicle

Ki-Seok Jeong*, Uk-Dong Jang*, Jong-Duk Chung*
Korea Railroad Research Institute*

Abstract - 본 논문에서는 진공 차단기의 투입 시 발생하는 고주파 재발호 진동현상을 모의하여 계통의 전압-주파수 특성을 분석한다. 우선 시간영역에서 차단기 투입에 따른 개폐 서지 현상을 모의하여 다중 재발호에 의한 진행파의 주파수 특성을 검토한다. 모의 결과를 통해 추정된 고주파 회로저항과 기준 전원, 고압케이블, 변압기로 구성된 고주파 재발호 진동해석용 등가 회로를 구현하고 주파수 스캔 기능을 이용하여 인가되는 전압의 주파수 변화에 따른 계통의 임피던스 크기변화를 확인한다. 끝으로, 시간 영역 및 주파수 영역에서 도출된 계통의 공진 주파수와 철도차량용 주 변압기의 공진주파수를 비교하여 내부 공진 여부에 따른 권선간 전압 확대 가능성을 논하고자 한다.

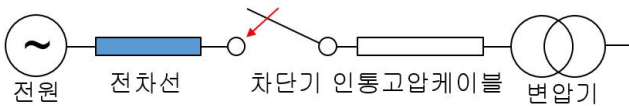
1. 서 론

철도 차량용 진공차단기 개폐 시 전기적 공진현상에 의해 차단기의 부하 측과 변압기 고압 계통측 사이의 고압케이블에 고주파 영역의 진행파가 생성된다. 이러한 진행파는 변압기 단자의 서지 보호장치와 붓싱 그리고 변압기 내부 절연과파 가능성을 야기한다. 투입 서지 발생 및 공진에 의한 절연과파 가능성을 분석하기 위해선 각 전력기기의 모델 구현이 필요하다. 본 연구에서는 다중 재발호 특성을 지닌 상세 차단기 모델을 구현하여 차단기 투입 시 발생하는 개폐서지의 주파수 특성을 분석한다 [1].

2. 본 론

2.1 차단기 투입과 이상전압 발생

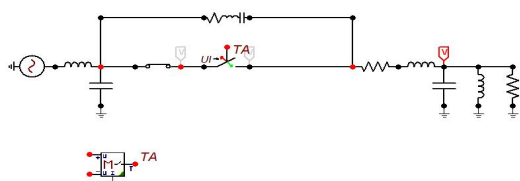
그림 1의 전원, 전차선, 차단기 및 고압케이블로 구성된 철도차량용 고압계통은 진공차단기 투입 시 여자 조건, 계통배치 및 이벤트, 변압기 주파수 특성, 절연협조 설계사양 등 다양한 변수에 따라 이상 전압의 크기와 파형을 발생시킨다. 구체적으로 고압계통은 그림1처럼 차단기를 기준으로 전원 측과 부하 측으로 구분할 수 있으며, 차단기 투입 시 전기 에너지로 충전된 전원 측과 방전상태의 케이블 사이에 에너지 교환이 발생한다. 그 결과 정상 전압 대비 높은 과고치와 고주파 특성을 지닌 이상전압이 생성된다. 고압케이블 말단에는 일반적으로 진행파의 과고치를 고려한 서지 어레스터, 스파크 갭 등의 보호장치와 붓싱 등의 변압기 구성품이 배치된다. 이상전압은 변압기 단자 또는 코어, 1차 권선 등의 변압기내부에서 발생된다. 최근 이상전압의 크기, 파형 뿐만 아니라 주파수 요소를 추가로 고려하고 있다.



〈그림 1〉 철도차량용 고압계통도

2.2 투입 서지 해석을 위한 고압계통 모델 구현

진공차단기의 투입 서지를 해석하기 위하여 그림 2와 같이 ATPdraw를 이용하여 모의회로를 구성하였다.



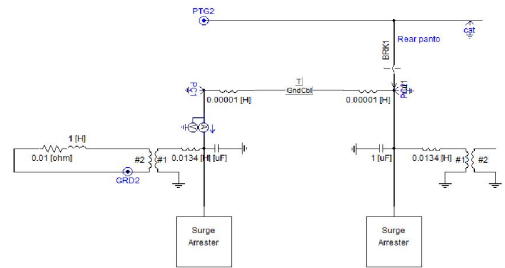
〈그림 2〉 모의회로

2.2.1 진공차단기

간략화된 모델을 적용하며, 차단기 상태를 OPEN에서 CLOSE로 변경되도록 구현한다.

2.2.2 인통고압케이블

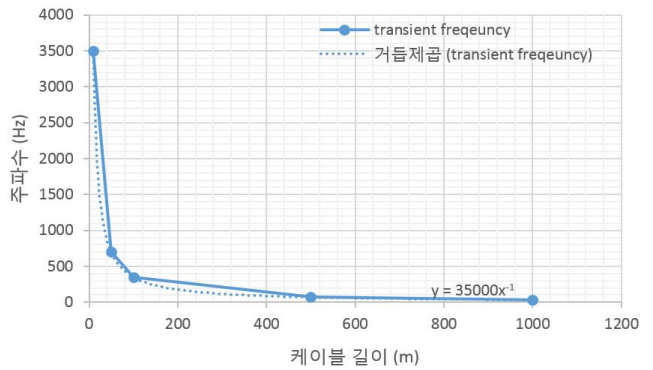
고압인통선은 차량에 전력을 공급하기 위한 선로로 Bergeron 모델을 사용한다.



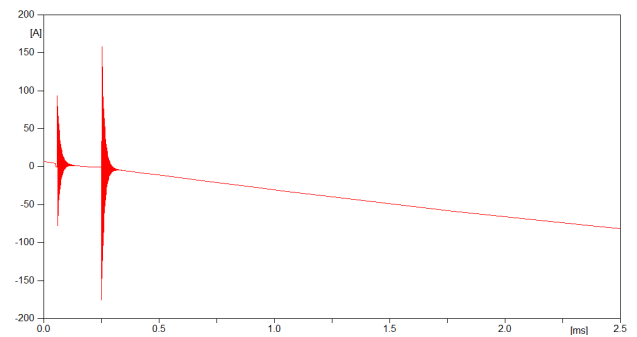
〈그림 3〉 철도차량용 고압인통선 모델

2.3 사례 연구

차단기 투입에 따른 이상전압의 주파수 특성은 고압 인통선의 길이와 차단기의 dynamic voltage-time 특성에 따라 주로 결정된다.



〈그림 4〉 케이블 길이에 따른 주파수 특성 분석



〈그림 5〉 진공차단기의 다중재발호 현상 모의

3. 결 론

본 논문에서는 다중 제발호 특성을 지닌 상세 차단기 모델을 구현하여 차단기 투입 시 발생하는 개폐서지의 주파수 특성을 분석하였다.

[감사의 글]

본 연구는 국토교통부에 시행한 도시철도 핵심부품 국산화 및 장치 고도화 개발 1단계” 과제의 연구비로 수행하였습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Saurav Pramanik, Sana Anees, Lakshminarayana Satish, “Interleaved winding and suppression of natural frequencies”, IET Electr. Power Appl., 7(4), pp. 237-244, 2013