

전기철도 아크 실측정데이터 주파수 분석

(The frequency analysis of measuring arc data of electric train)

임재찬^{*1} · 김재철¹ · 이희태¹ · 김진석¹ · 한성호² · 이수길² · 이은규³

(1. 숭실대학교 · 2한국철도기술연구원 · 3우진산전)

(Jae-Chan Lim · Jae-Chul Kim · Soung-ho Han · Su-Gil Lee · Eun-Gyu Lee)

Abstract

In this paper, measuring equipment for arcs which are caused by losing contact between a pantograph and a catenary in the electric train, TTX, was designed and we actually measured arcs of current and voltage at 2007. 5. 16 ~ 17, 2007. 5. 31, 2007. 6. 18 ~ 19 and 2007. 6. 30 ~ 31, a total of 4 times. The FFT tool was made by LabVIEW software and the actually measured arc data were analyzed by the FFT tool.

The analysis result showed that the arc current and voltage contains much harmonic, so we must consider problems of EMS and EMI in the main circuit system of the electric train, TTX.

1. 서론

전기철도는 효율성 및 경제성, 환경친화성 등의 장점이 있어 널리 이용되고 있으며, 앞으로 많은 보급이 예상된다. 하지만, 전기철도는 대용량 수송을 목적으로 하므로 한 번의 사고가 많은 인명과 재산 피해를 낳을 수 있다. 따라서 전기철도의 대중화와 신뢰성 높은 운영을 위해 안전성에 대한 검토가 면밀히 이루어져야 한다. 특히 전기철도는 전기를 동력원으로 하여 구동되므로 디젤열차에서는 나타나지 않았던 여러 가지 전기적인 문제가 나타나며, 전력의 과도 특성에 대한 해석이 선행되어야만 이러한 문제점을 예방하고 해결할 수 있다.

이번 연구에서는 현재 상용화에 앞서 시험운전을 하고 있는 한국형 텀팅열차(TTX)의 안정성에 대한 연구에 앞서 운행 중 발생 할 수 있는 판토티그래프와 간선 간에 발생하는 아크를 시험운전시 실측정을 하였고 이를 주파수 분석을 하였다.

2. 본론

2.1. 아크 발생 원인

전기철도의 판토티그래프와 간선 간에 발생하는 아크의 원인은 첫째로는 운행 중 진동 등에 의한 판토티그래프와 간선 간의 이선에 의해서 발생하게 된다.

전기철도 집전 시스템은 전기를 공급하는 간선

과 전력을 공급받는 장치인 판토티그래프로 구성되어 있다. 전기철도의 고속화에 따라 차량 주행 중 간선과 접촉된 상태에서 미끄럼 운동을 하면서 차량에 안정적인 전기에너지를 공급한다. 하지만 차량의 주행 중 주행륜과 주행면, 안내륜과 안내 레일 사이에는 다양한 진동이 발생하게 되고 판토티그래프와 간선 간의 정적인 접촉 조건을 유지 할 수 없게 되어 간선과 판토티그래프가 순간적으로 접촉을 상실하는 이선 현상이 발생하게 되며 이때 아크가 발생하게 된다.

둘째로는 사구간 진입 순간과 통과 직후에 아크가 발생한다.

사구간 진입순간 전력을 공급하는 간선과 판토티그래프가 분리가 되고 통과하는 순간 다시 간선과 판토티그래프가 접촉되는 이런 현상은 이선의 종류인 대이선과 비슷한 현상이다. 사구간 통과하는 시간은 대략 2~4초이며 이 시간에 이선이 일어나고 진동에 의한 이선과 마찬가지로 아크가 발생하게 된다. 이 아크는 운행 중 진동에 의해서 발생하는 아크보다는 큰 아크가 발생하게 된다.

기타 상황에 아크가 발생할 수 있으나 본 연구에서는 이 두가지 상황에 집중하여 아크를 측정하였다.

2.2. 측정방법

앞 절에서 언급한 대로 아크가 발생할 시점을 예상하여 측정장비를 통해서 판토티그래프와 간선

간에 발생하는 아크를 측정하였다.

계측 요소는 가선전압과 가선전류이다. 가선전압은 차량 옥상의 ACPT(25,000V/150V)를 통해서 추진 장치(Converter/Inverter) 내부의 ACPT(150V/5V) 출력 전압을 계측하였다. 가선전류는 주변압기 1차 측의 코일 후부(접지측), 즉 차량배선의 500르에 CT(200A/4V)를 설치하여 CT의 Signal선과 GND간을 계측하였다.

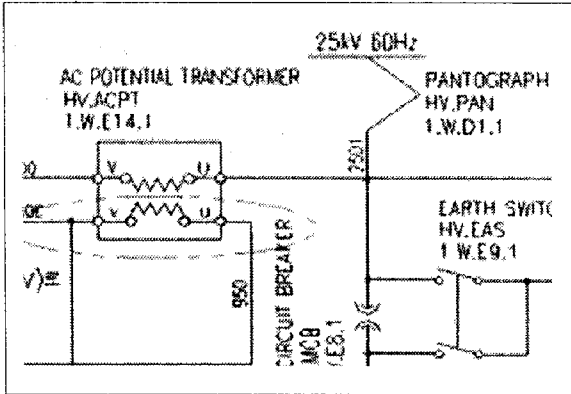


그림 1 도면상의 가선 전압측정 지점
Fig. 1. Point of measuring voltage on drawing

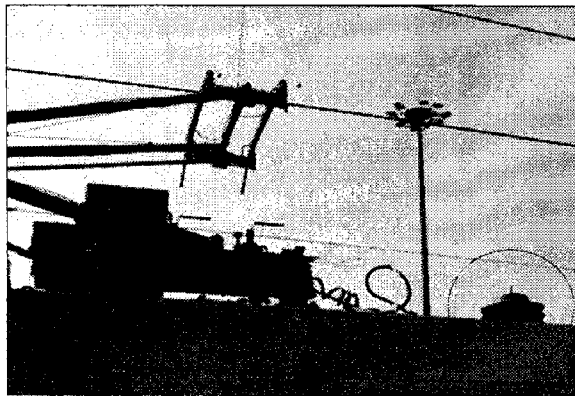


그림 2. 차량옥상의 ACPT
Fig. 2. ACTP of train roof

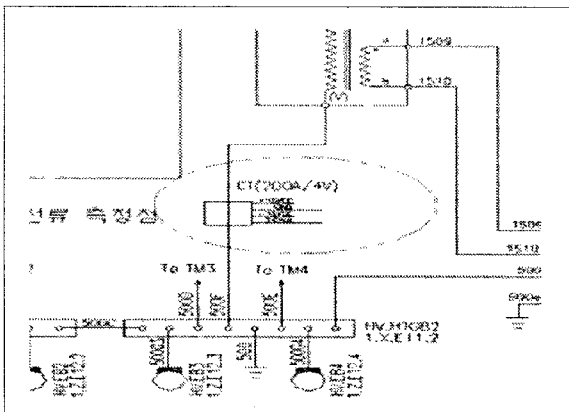


그림 3. 도면상의 가선전류 측정 지점
Fig. 3. Point of measuring current on drawing

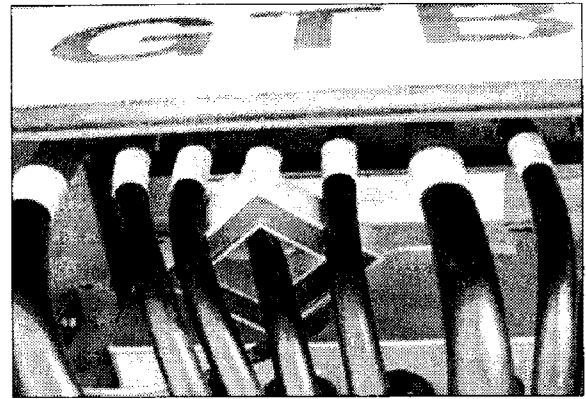


그림 4. 실제 CT설치 모습
Fig. 4. CT install

이렇게 측정된 가선 전압과 가선 전류는 오실로스코프(Wave runner LT342)를 이용하여 데이터를 취득하였다.

표 1. 오실로스코프 Setting
Table 1. Oscilloscope setting

구분	Setting
Time/Div Range	5ms/div
Sampling Rate	5MS/s
전류 Volt/div	1.0V, 2.0V
전압 Volt/div	10.0V, 5.0V
CH 1	전류
CH 2	전압

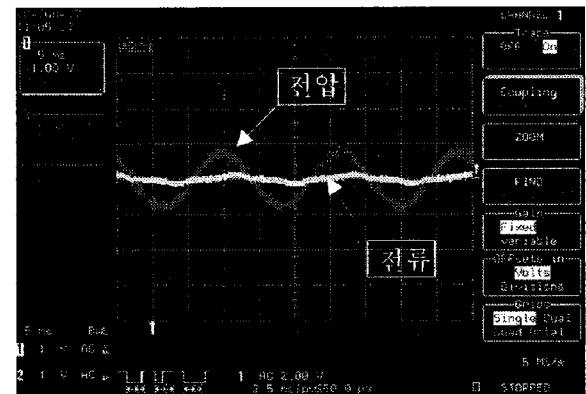


그림 5. 오실로스코프 화면
Fig. 5. Oscilloscope screen

오실로스코프 Setting은 표 1과 같이 하였으며 그림 5는 오실로스코프의 화면을 캡처한 것이다. 그림 5는 아크 미발생 시이며 전압은 정현파이며 전류는 거의 흐르지 않고 있다.

이렇게 취득한 데이터는 상황별 분리를 하였으며 LabVIEW를 사용하여 주파수 분석을 하였다.

이렇게 나온 주파수 분석 결과는 아크 미발생시 주파수 분석 결과와 비교하여 분석하였다.

2.3. 측정결과

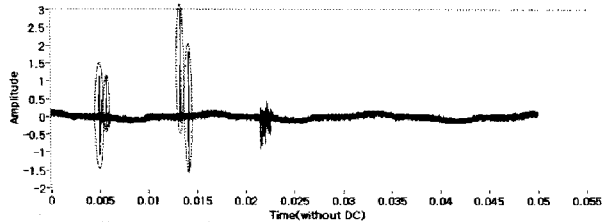


그림 6. 운행중 이선에 의한 아크
Fig. 6. Arc are caused by losing contact

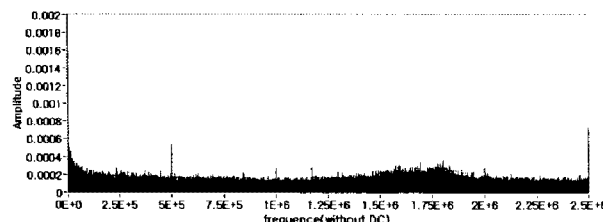


그림 7. 운행중 이선에 의한 아크 주파수 분석
Fig. 7. Frequency analysis of arc are caused by losing contact

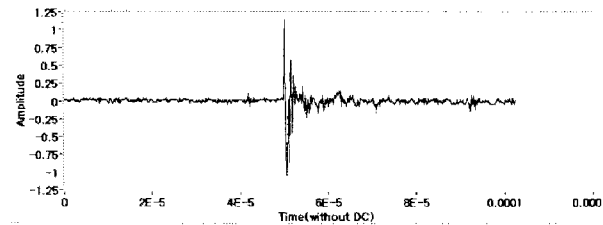


그림 8. 운행중 이선에 의한 아크 (1st)
Fig. 8. Arc are caused by losing contact (1st)

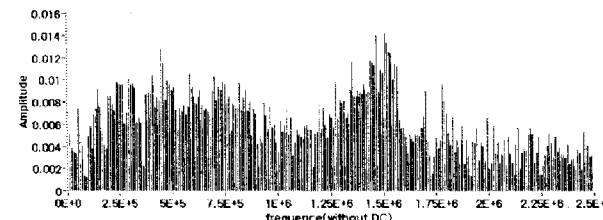


그림 9. 운행중 이선에 의한 아크 주파수 분석 (1st)
Fig. 9. Frequency analysis of arc are caused by losing contact (1st)

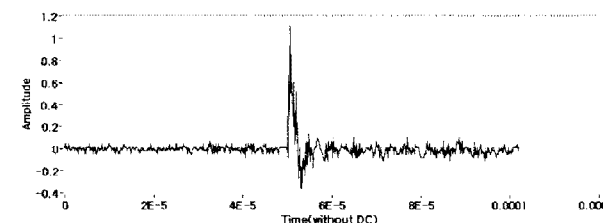


그림 10. 운행중 이선에 의한 아크 (2nd)
Fig. 10. Arc are caused by losing contact (2nd)

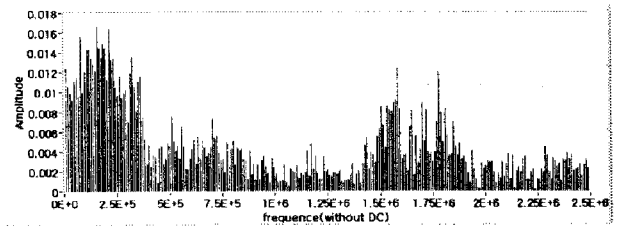


그림 11. 운행중 이선에 의한 아크 주파수 분석 (2nd)
Fig. 11. Frequency analysis of arc are caused by losing contact (2nd)

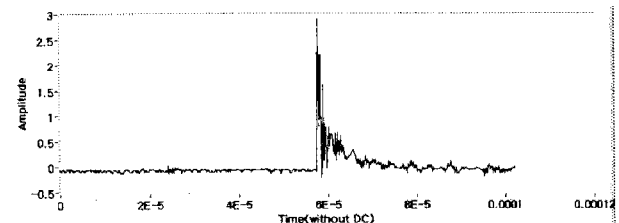


그림 12. 운행중 이선에 의한 아크 (3rd)
Fig. 13. Arc are caused by losing contact (3rd)

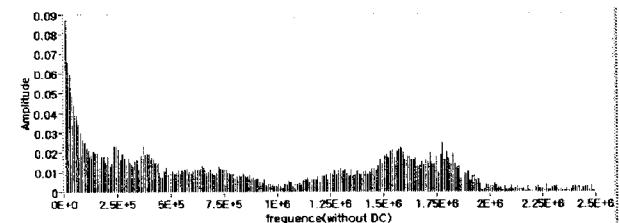


그림 14. 운행중 이선에 의한 아크 주파수 분석 (3rd)
Fig. 14. Frequency analysis of arc are caused by losing contact (3rd)

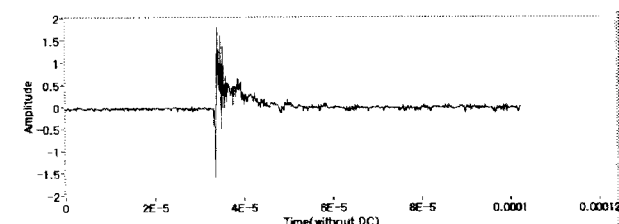


그림 15. 운행중 이선에 의한 아크 (4th)
Fig. 15. Arc are caused by losing contact (4th)

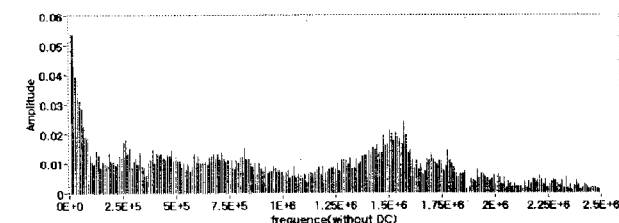


그림 16. 운행중 이선에 의한 아크 주파수 분석 (4th)
Fig. 16. Frequency analysis of arc are caused by losing contact (4th)

그림 6~16은 2007년 6월 20일 시험 운행 중 판토티그래프와 간선간의 이선에 의해 발생한 아크를 측정하여 취득한 데이터중 전류부분만을 LabVIEW로 복원한 것과 주파수 분석한 결과이다. 이를 다시 2ⁿ개로 각각의 아크 파형을 잘라내어서 주파수 분석을 각각 하였다.

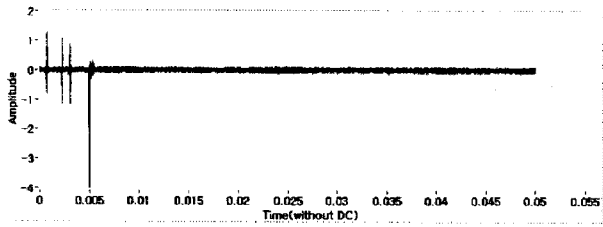


그림 17. 사구간 진입 순간
Fig. 17. Arc at entry into a power failure section

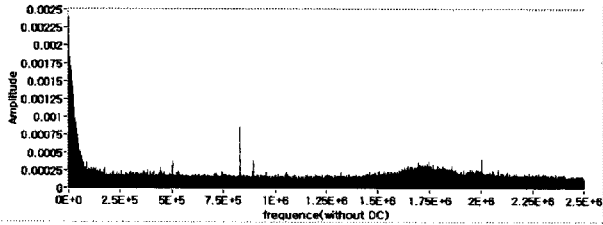


그림 18. 사구간 진입 순간 주파수 분석
Fig. 18. Frequency analysis of arc at entry into a power failure section

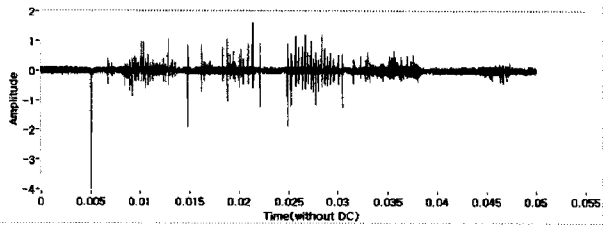


그림 19. 사구간 통과 직후
Fig. 19. Arc at pass into a power failure section

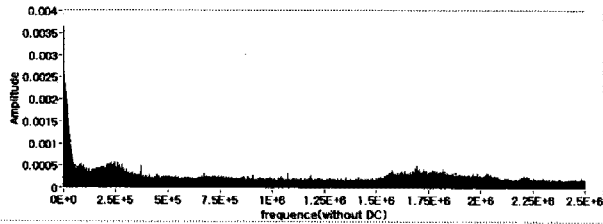


그림 20. 사구간 통과 직후 주파수 분석
Fig. 20. Frequency analysis of arc at passing a power failure section

그림 17~18은 2007년 6월 20일 시험운전 중 사구간 진입 순간에 취득한 데이터를 LabVIEW를 사용하여 전류부분의 파형을 복원한 것과 주파수 분석한 결과이다. 그림 19~20 또한 2007년 6월 20일 사구간 통과 직후에 취득한 데이터를 전류파형 부분만을 복원한 것과 주파수 분석한 결과이다.

이 데이터 또한 운행 중 판토품과 간섭간에 이션시 발생한 아크를 분석한 것과 동일하게 2" 개 만큼 각각의 아크파형만을 잘라내서 주파수 분석을 하였다.

위 주파수 분석한 세가지 상황을 아크 미발생시의 상황을 주파수 분석한 것과 비교 분석한 결과 세가지 상황 모두 아크 미발생시에 비해 비슷한 분포의 초고조파

대역부분이 많이 있었음을 볼 수 있었다.

3. 결론

본 연구는 상용화에 앞서 시험운전을 하고 있는 한국형 탈링열차가 시운정 중 발생하는 아크를 세가지 상황으로 미리 예측하여 PT와 CT를 통해 아크를 실측정 하였다. 이 취득한 데이터를 FFT를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 아크가 발생할 수 있는 모든 상황이 아크가 발생하지 않을 때보다 고조파 성분이 많이 포함되어 있었다. 이런 고조파 부분은 전기 설비부품의 절연 저하, 오동작 등을 유발시킬 수 있으며 통신 유도장해를 일으키고 제어신호 장치에 악영향 등을 미쳐 대용량을 운송하는 것을 목적으로 하고 있는 전기철도에 안전성을 떨어뜨리는 결과를 초래할 수 있다.

둘째, 아크가 발생하는 상황 모두 비슷한 분포의 초고주파 부분이 많이 포함되어 있었다. 최근 전력전자 소자의 발달과 함께 전자부품의 사용이 증가하면서 전자기 적합성(EMC) 또는 전자기 장애(EMI)문제에 대한 관심이 높아짐에 따라 그에 대한 규정 또한 엄격해지고 있다. 이런 초고주파부분에 의한 기기 오동작 등이 발생 한 것에 끝나지 않고 규정에 문제가 발생하여 우리나라 기술 해외시장 진출에 벽이 될 수 있다.

이런 부분은 운전의 안전성과 우리의 해외기술시장 진출에 문제를 야기를 시키므로 아크에 의한 고조파 및 초고주파를 차단하는 방법에 대한 연구가 더 필요하다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부의 진원에 의하여 한국철도기술연구원 주관으로 수행된 과제임.

참고문헌

- [1] 백남욱, 이상진, 철도기술용어해설집, 한국철도학회, 2004. 5.
- [2] 김백, 전철전력공학, (주)기다리, 2005. 1.
- [3] 박수만, "고속전철 변전소의 고조파 분석과 대책에 관한 연구", 숭실대학교 대학원, 석사학위논문, 2003. 12.
- [4] 반기중, 김낙교, "아크 전류 차단을 위한 제어 알고리즘 개발", 대한전기학회 논문지, 제 53권 3호, pp. 166-172, 2004. 4.
- [5] 숭실대학교 생산기술 연구소, "사구간 통과에 따른 차량 주회로 과도특성에 관한 연구", 한국철도기술연구원, 2005.7
- [6] 박영 외 5명, "전동차 EMC 측정을 위한 시스템 구성 및 개발", 한국철도학회, 2004년 한국철도학회 추계학술 대회 논문집
- [7] 이태형 외 4명, "한국형 고속열차 내부 전자계 측정과 평가" 한국철도학회, 2004년 한국철도학회 추계학술 대회 논문집
- [8] James H. McClellan 외 3명 "한국어판 Hello 신호처리", 홍릉과학출판사
- [9] 전성증 외 6명, "매트랩을 이용한 신호처리의 기초", 도서출판 인터비전