

PSCAD/EMTDC를 이용한 임펄스 궤도회로의 계통분석 연구

A Study on Analysis of Impulse Track Circuit using PSCAD/EMTDC

박기범†
Park, Ki-Bum

이태훈*
Lee, Tae-Hoon

류영태*
Ryu, Young-Tae

전용주*
Jeon, Yong-Joo

ABSTRACT

We have studied a weird phenomenon on the High Voltage Impulse Track Circuit (HVITC). The biggest problem is that can not recognize the fault states, despite the fact the rail is broken. This study has shown that current HVITC systems can be operated even an ill-contact state of impedance bond lead wire. This study was carried out using various methods, such as measurements using an oscilloscope with voltage and current probes, simulations using PSCAD/EMTDC software tool, and analysis of measured data. Especially, we have simulated the fault state through bypass circuits using PSCAD/EMTDC software tool. We made a model of track circuit and simulated various types of fault states.

1. 서 론

코레일에서 사용되고 있는 고전압 임펄스 궤도회로(HVITC)는 2007년도 기준 전체 19,018개 궤도회로 장치중 약 56.7%를 차지하고 있다. 본 장치는 주로 수도권 전철구간과 KTX운행구간의 역구내 궤도회로로 사용되고 있다. 그러나, 일부 임펄스 궤도회로장치에서 잠바선 탈락시에도 궤도회로가 낙하되지 않는 현상이 발생되어 이에 따른 원인분석과 대책을 마련하기 위해 연구를 시행하였다. 연구 세부항목은 임펄스 궤도회로장치별 특성 분석, 잠바선 탈락시의 신호전류를 분석하기 위한 현장 정밀진단, 현장 측정데이터와 비교하기 위한 임펄스 궤도회로와 연계된 급전계통 시뮬레이션으로 나뉘어진다. 본 논문에서는 계통분석 시뮬레이션 수행결과와 현장 정밀진단시 수행된 측정데이터에 대한 비교분석 결과를 소개하고자 한다.

2. 계통분석 시뮬레이션 수행

2.1 급전계통 연계된 임펄스 궤도회로의 계통분석

급전계통과 연계된 임펄스 궤도회로장치의 계통분석은 오동작 개소에 대하여 유형별로 분류하고 우회 회로 등의 추가변수의 적용 가능성을 검토하였다. 이를 수행하기 위하여 급전계통의 구조를 단면도와 회로구조로 구분하여 분석하였다.

아래 그림에서는 AT 절연 보호방식과 AT 비절연 보호방식에 있어서 급전계통의 단면 구조를 나타내었다. AT 절연 보호방식에서는 보호선(PW)이 존재하고 AT 비절연(FPW) 보호방식에서는 보호선이 존재하지 않도록 구성하였다.

† 책임저자 : 비회원, 코레일 연구원 차장
E-mail : vince6170@gmail.com
TEL : (042)609-3992 FAX : (042)609-3720
* 비회원, 코레일 연구원

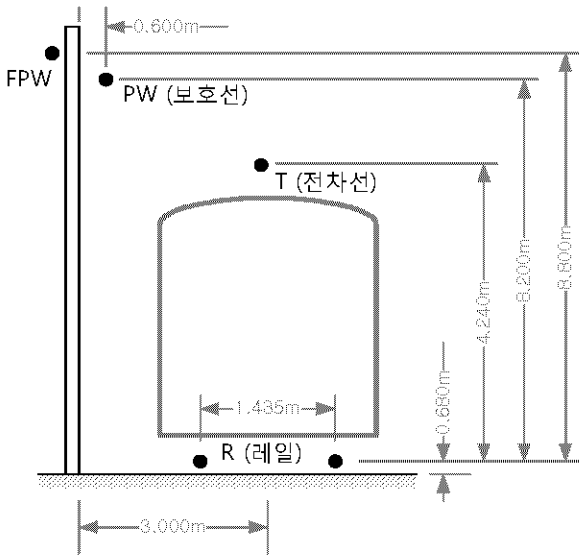


그림 1 AT 절연 보호방식 단면도

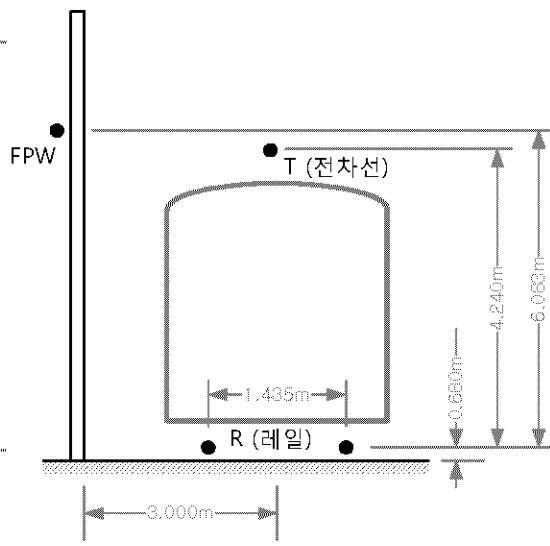


그림 2 AT 비절연 보호방식 단면도

아래 그림에서는 AT 급전계통의 구조에서 AT 절연 보호방식과 AT 비절연 보호방식에서 발생 가능한 오동작 개소를 예측하여 나타내었다. 그림에 나타낸 바와 같이 오동작 개소는 레일질손을 고려하여 레일 중간이 단선된 경우와 잠바선의 단선을 고려하여 레일과 임피던스 본드 사이의 접속선이 단선된 경우를 고려하였다. 보호선용 접속선의 단선의 경우에는 레일이 단선된 경우와 동일한 회로가 구성되어 생략하였다.

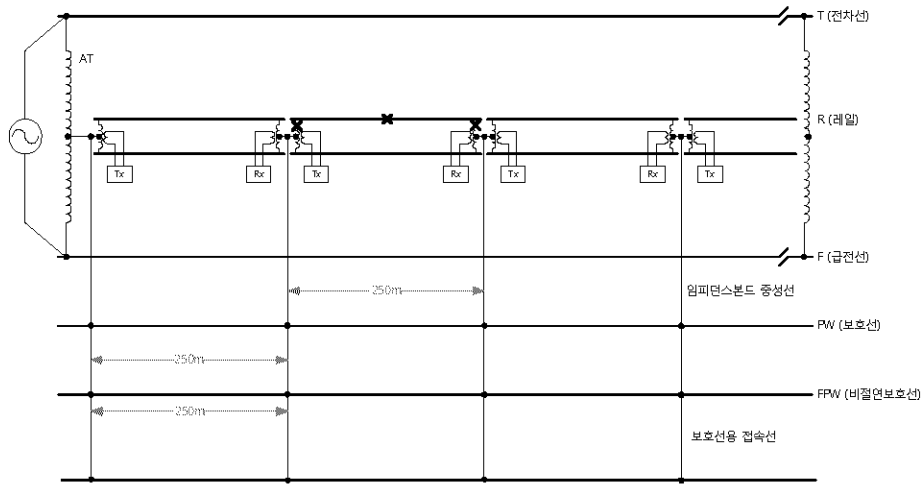


그림 3 AT 절연 보호방식 구조에서의 오동작 개소

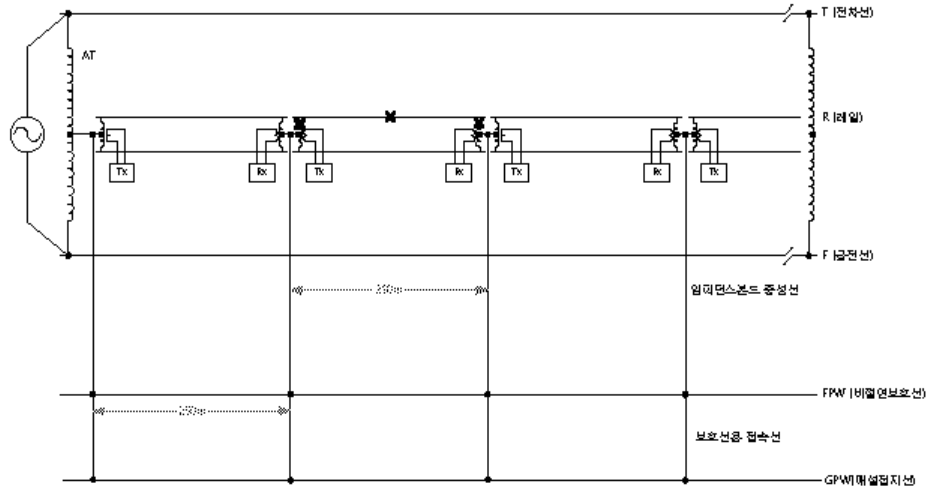


그림 4 AT 비절연 보호방식 구조에서의 오동작 개소

2.2 임펄스 계도회로의 변수적용을 통한 동작특성 비교모델

임펄스 계도회로에 변수를 적용하기 위하여 먼저 임펄스 계도회로의 계통 모델을 구성하였다. 아래 그림에서 보는 바와 같이 레일의 오른쪽에는 임펄스 전류를 송전하는 Impulse Tx와 레일의 왼쪽에는 임펄스 전류를 착전하는 Impulse Rx로 구성된다. 임펄스 송전장치의 출력은 AC 600V를 기준으로 구성하였으며, 수신측의 입력도 마찬가지로 AC 600V를 기준으로 구성하였다. 임피던스 본드를 통해 레일측에서 정극성 AC 120V, 부극성 AC -40V의 임펄스를 송전하게 된다.

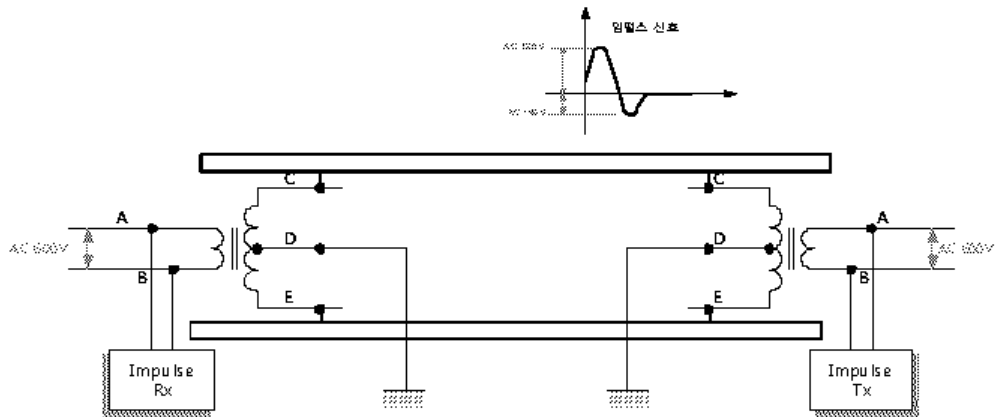
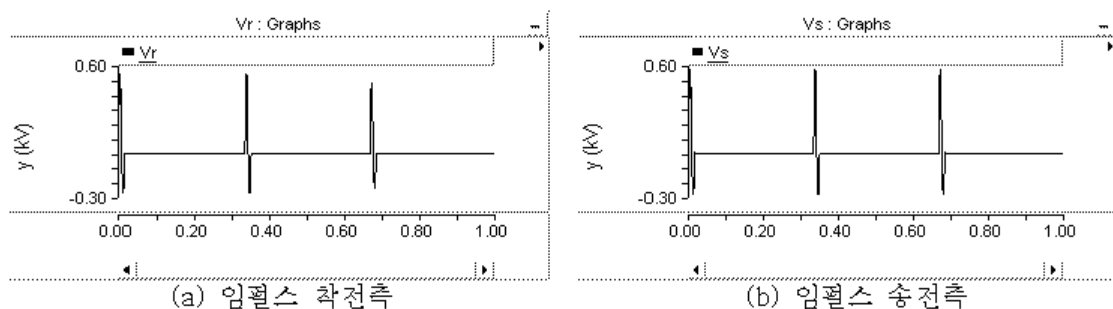


그림 5 임펄스 계도회로 계통 모델 구성도

고전압 임펄스 송전장치로부터 송전측 전류는 레일을 통해 고전압 임펄스 착전장치로 임펄스 전류가 도달하게 된다. 이러한 임펄스 전류의 도달과정의 모의결과는 그림 6에 나타내었다. 그림 6(a)에서는 임펄스 착전측 전류를 나타내었으며, 그림 6(b)에서는 임펄스 송전측 전류를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 착전측 전류의 경우 다소 전압강하가 발생하여 전압값이 감소함을 알 수 있다.



(a) 임펄스 착전측

(b) 임펄스 송전측

그림 6 임펄스 신호의 착전과정 모의

3. PSCAD/EMTDC 프로그램을 이용한 임펄스 회로회로 모델 개발

3.1 임펄스 회로회로 계통 모델

PSCAD/EMTDC 소프트웨어는 임펄스 회로회로의 동작특성을 시뮬레이션 하기 위하여 사용하였다. 먼저 임펄스 회로회로에 대한 모델은 그림 7, 8과 같이 구성하였다. 그림 7에서는 임펄스 신호 송전측 회로회로를 나타내었다. 그림에서 오른쪽 위의 P, G, N단자는 각각 임펄스 신호의 출력단자 (P: positive, G: ground, N: negative)를 나타낸다. 출력단자 앞에는 변압기가 있으며 1차측/2차측 권선비는 6:1로 설정하였다. 변압기 1차측에는 2개의 정류회로가 존재하는데 위쪽 정류회로는 정극성 AC 120V를 출력하고, 아래쪽 정류회로는 부극성 AC -40V를 출력하는 구조를 가진다. 그림 7의 오른쪽 아래쪽에는 정류회로의 싸이리스터에 인가되는 게이트신호를 발생하는 회로로서 3[Hz]마다 게이팅되어 임펄스 신호가 출력되는 기능을 가지고 있도록 설정하였다. 그림 8에서는 임펄스 착전회로를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 레일을 통하여 전달된 임펄스 전류는 임피던스 본드를 통해 착전회로에 전달된다. 착전회로 단자는 송전측과 동일한 구조를 가지도록 하였다.

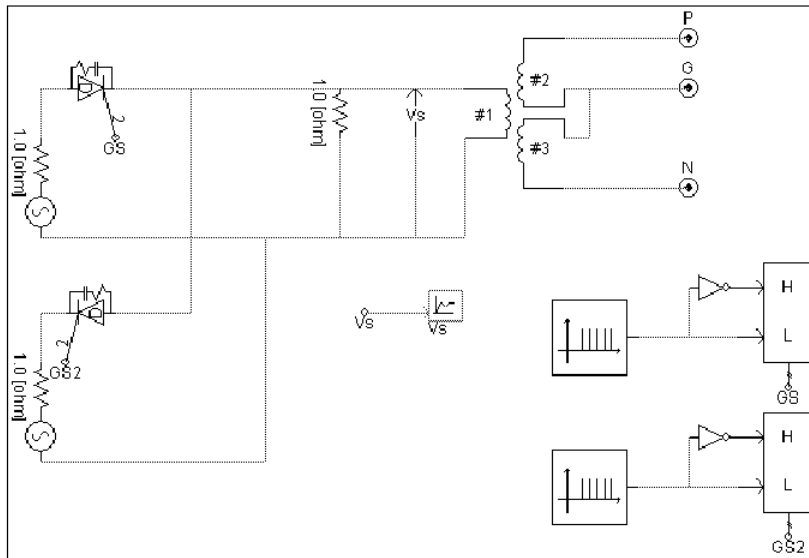


그림 7 PSCAD/EMTDC 임펄스 송전측 회로회도

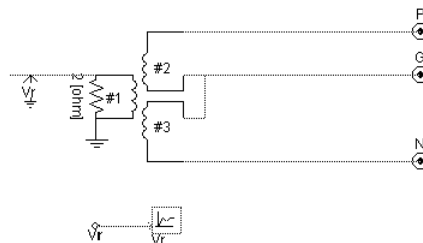


그림 8 PSCAD/EMTDC 임펄스 착전측 회로회도

3.2 급전계통 모델

AT 급전계통 모델은 우선 AT 절연 보호계통과 AT 비절연 보호계통으로 구분하였으며, 레도구간 내에 열차가 존재하지 않는 경우와 존재하는 경우로 구분하여 구성하였다. 레도구간 내에 열차가 있는 경우에는 그림 10에 나타낸 바와 같이 레일 양단을 저항으로 연결하여 모의하였다.

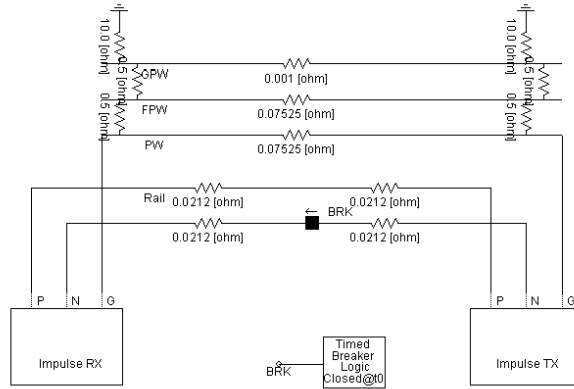


그림 9 AT 절연 보호방식에서 궤도구간에 열차가 없는 경우

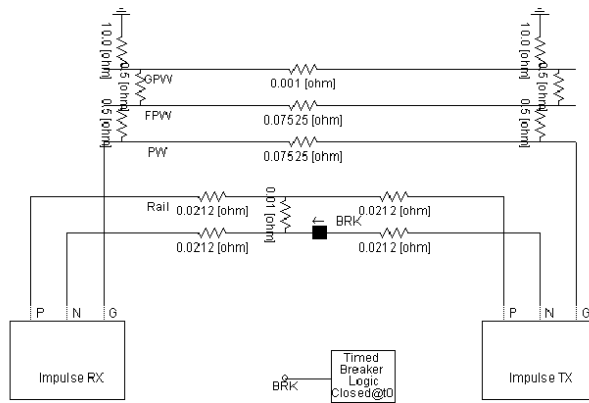


그림 10 AT 절연 보호방식에서 궤도구간에 열차가 있는 경우

4. 시뮬레이션 결과 및 분석

4.1 레일단선시 임펄스 신호 시뮬레이션

PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 사용하여 구성한 AT 급전계통과 임펄스 궤도회로 모델과 더불어 사고모델에서 레일 구간을 단선시키는 것으로 시뮬레이션 시작 후 0.5초 후에 레일이 단선되는 것을 모의하였다.

그림 11에서는 궤도구간 내에 차량이 있는 경우의 임펄스 신호를 나타내었다. 그림 11(b)에 나타낸 바와 같이 송전측에서는 사고에 무관하게 임펄스 신호가 출력되고 있으며, 반면 임펄스 착전측에서도 사고유무에 관계없이 임펄스 신호가 거의 잡히지 않음을 나타내었다. 엄밀히 살펴보면 사고 개시인 0.5초 이후 즉 3번째 임펄스 신호가 이전의 신호보다도 전압강하가 발생하였지만 이러한 신호크기는 모두 무시할 정도의 수준이다. 따라서 궤도구간 내에 열차가 존재할 경우에는 고장유무에 관계없이 임펄스 착전신호가 없음을 알 수 있다.

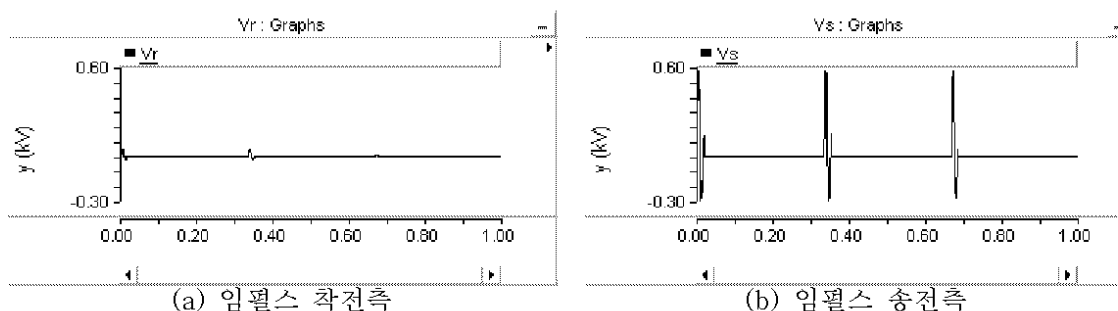


그림 11 임펄스 신호(궤도구간내 차량이 있는 경우)

그림 12에서는 레도구간내 차량이 없는 경우의 임펄스 신호를 나타내었다. 그림 12(b)에 나타낸 바와 같이 송전측에서는 사고에 무관하게 임펄스 신호가 출력되고 있으며, 반면 임펄스 착전측에서는 고장이 발생한 0.5초 이후 즉 3번째 임펄스 신호가 약간 전압크기가 감소함을 나타내었다. 즉 레도구간 내에 열차가 존재하지 않는 경우에는 고장유무에 관계없이 임펄스 신호가 착전됨을 알 수 있다.

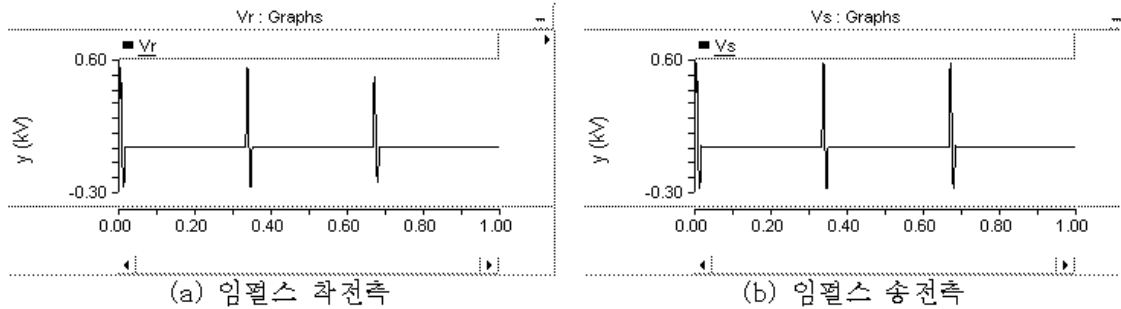


그림 12 임펄스 신호(레도구간내 차량이 없는 경우)

앞의 시뮬레이션 결과에서 설명한 바와 같이 레일 단선시 또는 잠바선 탈락시에도 우회회로를 통해 착전신호가 전달됨을 알 수 있다. 그러나, 이러한 경우라도 레도구간내에 차량이 있을 때에는 임펄스 착전측에 신호가 전달되지 않음을 알 수 있다.

4.2 우회회로에 따른 전압강하 시뮬레이션

PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 우회회로 발생시 거리에 따른 수신측 전압강하 여부를 시뮬레이션 하였다. 이러한 결과는 2.2km와 5.3km일때 안인역 구내에서 측정한 결과와 비교하기 위해 사용되어진다.

다음은 우회회로 구간을 1km로 가정하고 선로정수 값을 적용 후 시뮬레이션 수행한 결과이다. 수신측 전압은 약 386V로 산출되었다.

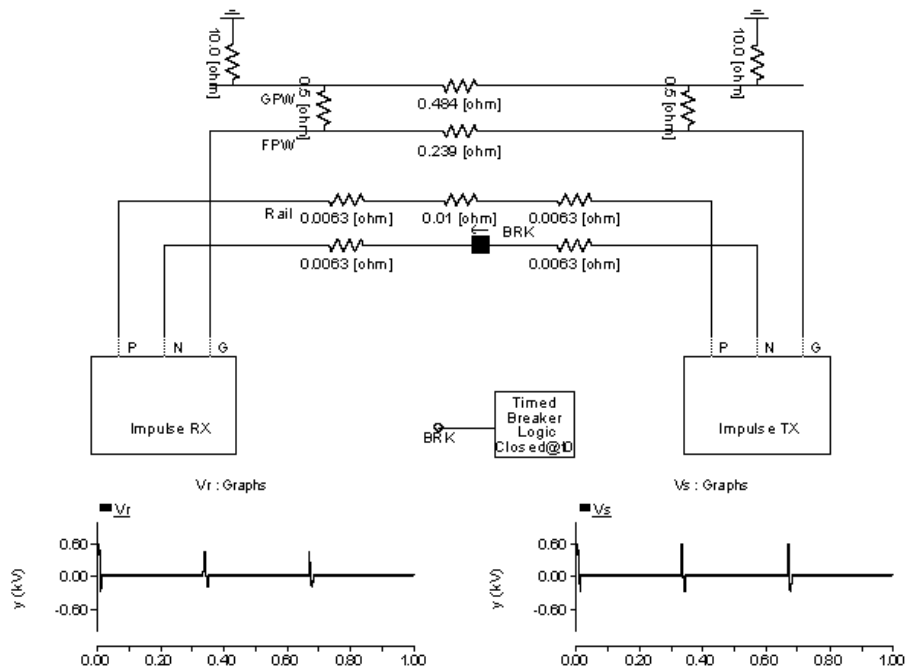


그림 13 1km우회회로 구성시 수신측 전압강하

다음은 우회회로 구간을 2.2km로 가정하고 선로정수 값을 적용후 시뮬레이션 수행한 결과이다. 수신측 전압은 약 250V로 산출되었다.

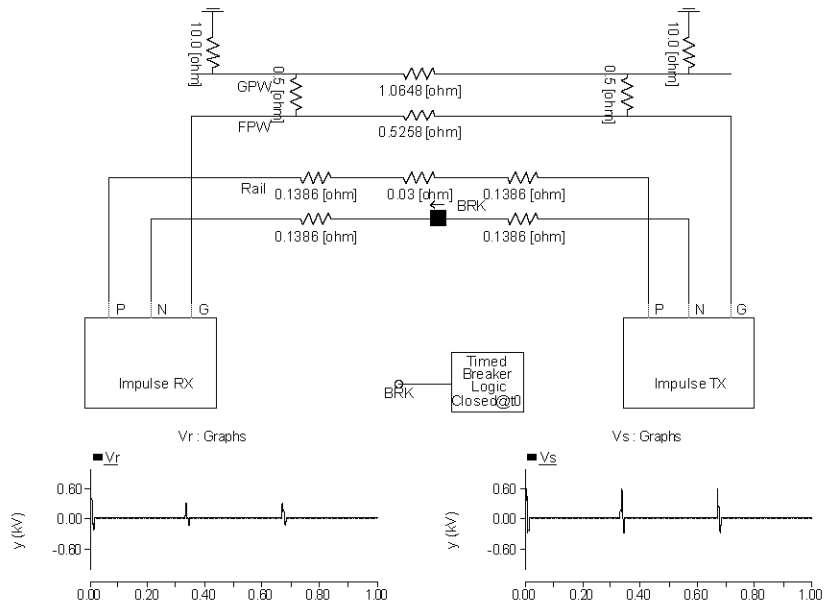


그림 14 2.2km우회회로 구성시 수신측 전압강하

다음은 우회회로 구간을 3km로 가정하고 선로정수 값을 적용후 시뮬레이션 수행한 결과이다. 수신측 전압은 약 237V로 산출되었다.

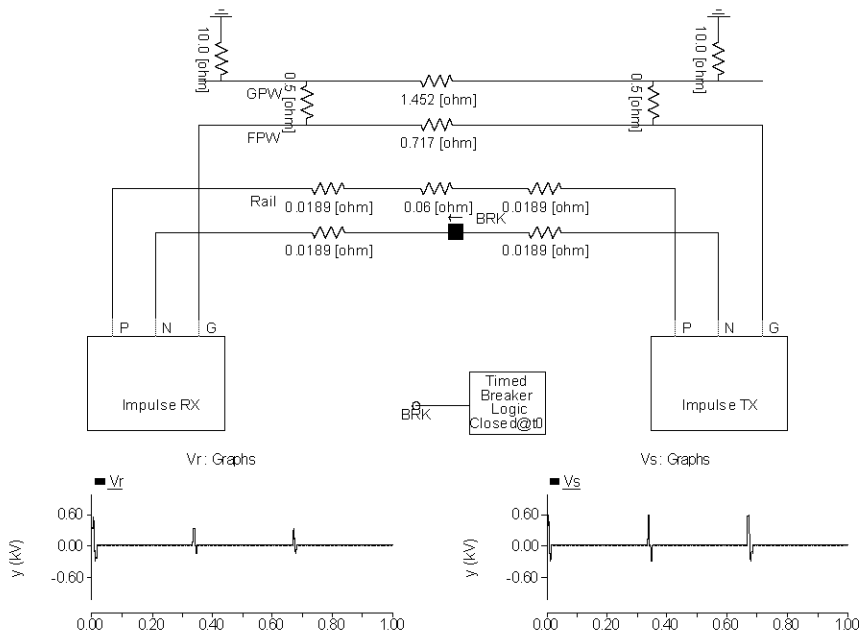


그림 15 3km우회회로 구성시 수신측 전압강하

다음은 우회회로 구간을 5.3km로 가정하고 선로정수 값을 적용후 시뮬레이션 수행한 결과이다. 수신측 전압은 약 132V로 산출되었다.

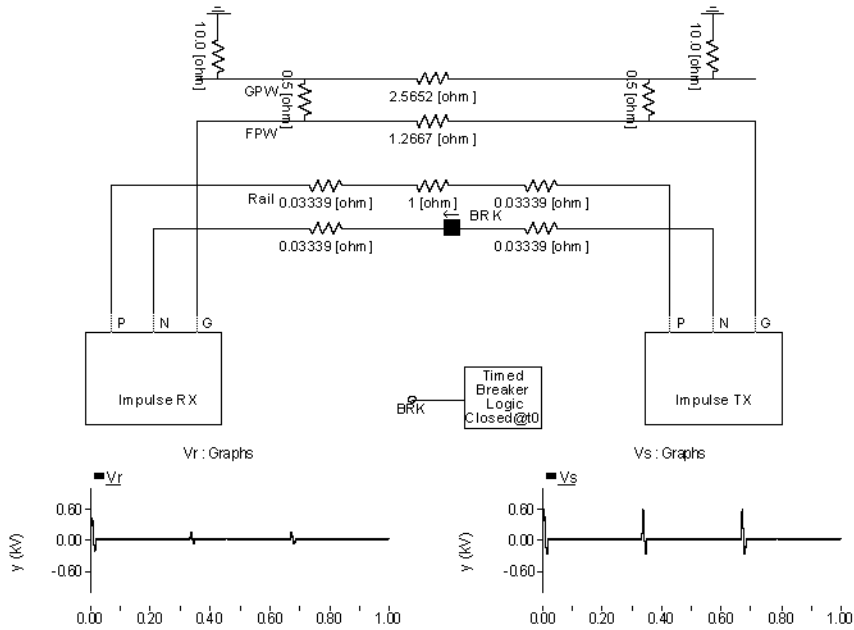
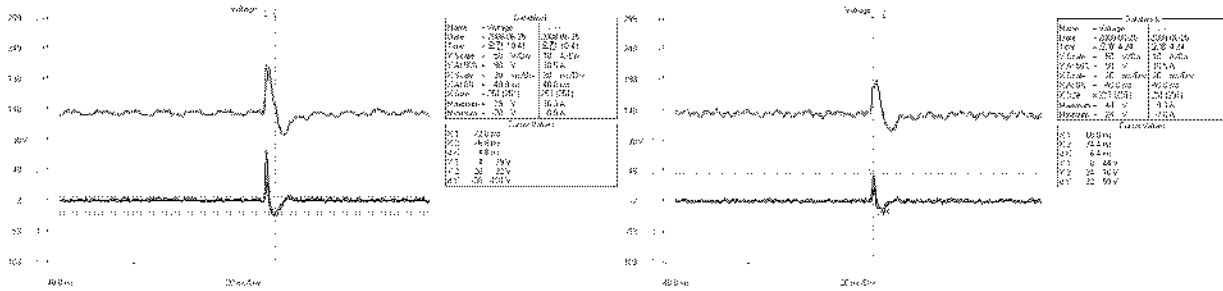


그림 16 5.3km 우회회로 구성시 수신측 전압강하

그림 17의 현장 측정결과와 비교할 때 2.2km일 때는 정펄스 전압이 수신기에서 252[V]이나 5.3km일 때는 134[V]로 낮아진다. 시뮬레이션 결과 2.2km일 때는 250[V], 5.3km일 때는 132[V]로 낮아진다. 이때 2.2km일 때는 레도계전기가 낙하되지 않은 상태이며, 5.3km일 때는 레도계전기가 낙하되었다.



[2.2km 우회회로 구성시]

[5.3km 우회회로 구성시]

그림 17 수신부 레도전압 현장 측정데이터

시뮬레이션결과와 현장 측정결과를 비교할때 우회회로의 거리가 길어지면 전압강하에 의해 레도계전기는 낙하된다. 또한, 추가 우회회로 구성시 전압강하는 더 많아진다. 따라서, 레도계전기의 동작/낙하 범위를 좁히는 방안 및 수신단 전압범위에 대한 추가검토가 필요하다.

5. 결론

본 연구결과 임펄스 레도회로장치 설치구간에서 열차안전운행에 필수 조건인 레도회로장치의 오동작 발생 가능성을 입증하였고, 이를 위하여 현장 정밀진단 및 임펄스 레도회로 계통 분석 시뮬레이션 등을 통해 객관적 근거를 마련하였다.

연구수행 중에 이러한 오동작 발생 가능성은 공동접지구간의 임펄스 궤도회로뿐만 아니라 모든 전철 구간에서 발생 가능하다는 사실을 확인하였다. 이는 임피던스본드의 구조적인 특성과 전철구간에서 사용하는 귀선회로에 의한 우회회로 때문임을 검증하였다. 따라서 임펄스 궤도회로장치에서 레일의 절손검지는 불가능하지만 열차의 점유시에는 궤도회로가 낙하됨을 확인하였으므로, 레일의 절손검지는 시설분야에서 주기적인 점검이 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김영태, “철도신호제어시스템”, 4판, 테크미디어, 2006
2. “신호업무자료”, 한국철도공사, 2007
3. 한국철도표준규격, “KRS SG 0031-06R 고전압임펄스궤도장치”, 2006
4. R.GACHES, “의왕 HVI TC B529T 신호장애 기술자문보고서”, 과업지시서 신호제어처-11, 2005.10
5. 김용규 · 양도철 · 유창근, “경부선 전철화 구간에서의 귀선전류 및 임피던스 예측” 대한전자공학회 2001년도 하계종합학술대회 논문집(5), pp.123-126, 2001.06
6. 김용규 · 유창근, “2x25kV급전 방식에서의 공동 접지망 적용에 따른 귀선 전류의 영향”, 대한전기학회논문지:전기기기및에너지변환시스템부문B, v.51, no.9, pp.509-514, 2002.09
7. “전차선로 시설기준 수립 연구”, 한국철도기술연구원, 1999.06
8. 이한민 · 오광해 · 이장무 · 한문섭 · 창상훈, 한국철도학회:학술대회논문집, 한국철도학회 2003년도 춘계학술대회 논문집, pp.415-420, 2003.05
9. 박계인 · 창상훈 · 최창규, “PSCAD/EMTDC를 이용한 철도 고압 배전계통의 과도특성 해석 및 1선 지락사고에 대한 보호방안”, 한국조명전기설비학회논문지, v.22, no.2, pp.51-56, 2008.02
10. 장길수 · 차준민, “PSCAD/EMTDC를 이용한 전기철도 전력공급시스템 해석모델개발”, 대한전기학회논문지:전력기술부문A, v.55, no.11, pp.463-467, 2006.11
11. 윤재영 · 최홍관 · 김종율 · 위상봉, “순시치 해석용 전철급전계통 모델개발” 한국철도학회논문집, v.5, no.4, pp.253-259, 2002.12
12. T. H. Lee, K. B. Park, Y. J. Jeon, and Y. T. Ryu, "A Study on the Operating Characteristics of High Voltage Impulse Track Circuit," in Korean Society for Railway Conf., 2008.