

Fault Analysis of AC Electric Railway System Mode by EMTDC

李 翰 旼* · 吳 廣 海** · 張 吉 洙*** · 權 世 嫻[§]
 (Hanmin Lee · Kwanghae Oh · Gilsoo Jang · Saehyuk Kwon)

Abstract - This study presents the AC railway system modeled by EMTDC in detail. The model made by EMTDC have a lot of advantages. It could be available for the system change, simulated repeatedly and also applied regarding very complicated systems. EMTDC simulations to verify this model are compared with the hand calculations. It is confirmed that the model made by EMTDC is correctly designed.

Key Words : hand calculations, EMTDC simulation, AC railway system

1. 서 론

전기 철도시스템은 다른 교통시스템과 비교해서 수송능력, 에너지 효율, 운영비, 환경친화적인 면에서 수많은 이점들을 갖고 있다. 그럼에도 불구하고 단락사고, 지락사고 등으로 인한 차단기 동작시 서지전압 등의 여러 가지 문제들이 승객과 지상설비등에 피해를 줄 수 있다[1].

교류 전철급전시스템에 사고가 발생한 경우 승객과 차량, 지상설비의 안전을 확보하기 위해서 사고를 신속히 감지하여 사고지점에 전력공급을 차단해야 한다.

현재 전철변전소에서는 급전회로의 전압, 전류, 임피던스의 크기 또는 변화량 등으로 부하와 고장을 판별하고 있다. 따라서 고장발생시 사고의 파급을 최소화하기 위해 급전계통의 개통 조건과 사고에 의한 사고전류를 판별하여 보호계전기를 동작시켜 계통을 보호할 필요가 있다.

이러한 사고전류는 사고의 종류와 사고 위치에 따라 다양하게 나타나는데 사고 전류를 판단하여 전력공급을 중단하기 위해 일반적으로 전철시스템을 설계하는 단계에서 미리 사고전류를 계산하게 된다.

현재 전기철도 시스템의 사고전류 해석은 간략 계산으로 사고전류를 하고 있다. 이 간략 계산을 통해서 가장 큰 사고전류 값의 예측이 가능하므로 차단기 용량에 대한 해석을 할 수 있겠으나 사고 종류 및 사고 위치에 따른 정밀한 해석은 어렵다. 따라서 사고의 판별이라든지 사고 위치 표정과 같은

예측은 불가능한 것이다.

일본 철도 전기기술을 살펴보면 사고 전류 해석 및 수전차 단시에 발생한 이상전압에 대한 고찰과 이 현상을 EMTP프로그램을 이용하여 단선선로에 대하여 시뮬레이션하고 있다 [2]. 우리나라 전철화율은 현재 약 21.4%이지만 향후 2010년에는 약 70%까지 증가시킬 것이다. 그리고 선로도 복선전철로 건설할 계획이다. 따라서 본 논문은 우리나라 현실에 맞게 복선으로 모델링 하였다. 이 모델은 복선의 병렬 급전(Parallel Post) 방식이므로 이보다 간략한 단선, 복선의 보조 급전(Sub Sectioning Post) 방식 및 타이 급전(Tie) 방식으로도 쉽게 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 논문은 가장 복잡한 교류 전철 급전시스템의 복선 병렬 급전 방식에 대한 사고 전류를 해석하기 위해서 전자기 과도현상 소프트웨어인 EMTDC로 모델링하였다. 그리고 급전용 변압기 및 단권 변압기(AT)를 간단한 임피던스로 모델링하지 않고 물리적 특성도 고려하며 전차선로도 실 계통과 똑같이 모델링함으로써 우리나라 교류 전철 급전시스템을 정밀 모델링을 하였다. 일반적으로 배전계통에 대해 사고 해석을 위한 범용 프로그램이 나와있지만 전철변전소의 스코트 변압기와 전철용 단권 변압기를 제대로 표현할 수 없으며 서로 다른 5 체군 전차선로의 선로정수를 나타내기에는 한계가 있다. 하지만 EMTDC를 통해 이러한 한계를 해결할 수 있으므로 교류 전철 급전시스템을 보다 정밀하게 표현할 수 있었다.

본 논문에서는 EMTDC로 모델링한 전기철도시스템 모델이 실제 철도 시스템에 적용시키는데 얼마나 적절한가를 보여주기 위해 주어진 실계통에 EMTDC를 적용하여 사고 전류값과 간략 계산에 의한 사고 전류값을 비교 분석하였다.

2. 교류 급전시스템의 구성

교류 전기철도는 통상 단상 55[kV]/27.5[kV] 급전방식에 직류를 두고 있으며 단상의 대용량 전력을 공급받기 위해서는 3

* 正 會 員 : 韓 國 鐵 道 技 術 研 究 院 電 氣 研 究 組 主 任 研 究 員

** 正 會 員 : 韓 國 鐵 道 技 術 研 究 院 電 氣 研 究 組 先 任 研 究 員

*** 正 會 員 : 高 麗 大 工 大 電 氣 工 學 科 副 教 授 · 工 博

§ 正 會 員 : 高 麗 大 工 大 電 氣 工 學 科 教 授 · 工 博

接受日字 : 2003年 3月 10日

最終完了 : 2003年 7月 7日

상 전력계통과 연계되어야 한다. 이를 위해 철도 교류급전회로는 그림 1과 같이 전철변전소의 스코트변압기에 의해 단상으로 변환된 전력을 급전선, 전차선, 레일에 통해 공급한다. 단권 변압기는 대략 10km 정도의 간격으로 설치되며 이곳에 상·하행선을 연결하는 개폐기가 함께 설치되기도 한다. 변전소와 변전소의 거리는 약 50km이고 중간지점은 양쪽 변전소의 전압위상이 다르기 때문에 개폐설비로써 전기적으로 구분하여(급전구분소; SP) 운전하고 있는데 이것은 변전소 고장시 인근 변전소에서 연장급전을 하기 위해 연결해 주는 역할도 한다.

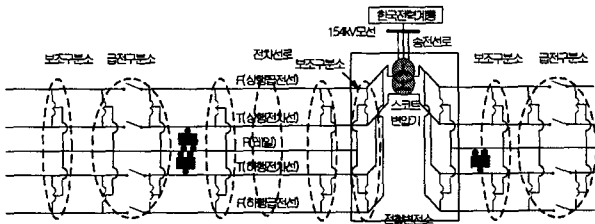


그림 1 교류 급전시스템의 구성
Fig. 1 AC traction power feeding system

시뮬레이션을 위해 그림 1의 계통회로를 EMTDC로 정밀 모델링하였다. 전체적인 급전시스템을 각각의 모듈로서 구현하였다. 즉, 전철변전소는 한전 변전소에서 공급된 154[kV] 전압을 스코트변압기를 통해 55[kV]로 변압하여 M상, T상으로 전압을 공급하도록 모델링하였다. 또한 전철변전소, 보조구분소, 급전구분소의 단권변압기를 모델링하여 상선과 하선에 27.5[kV]를 공급할 수 있도록 하였으며, 전차선로도 정밀 모델링하였다.

3. EMTDC 모델링

2절에서 설명한 교류 급전시스템을 EMTDC로 구성하였

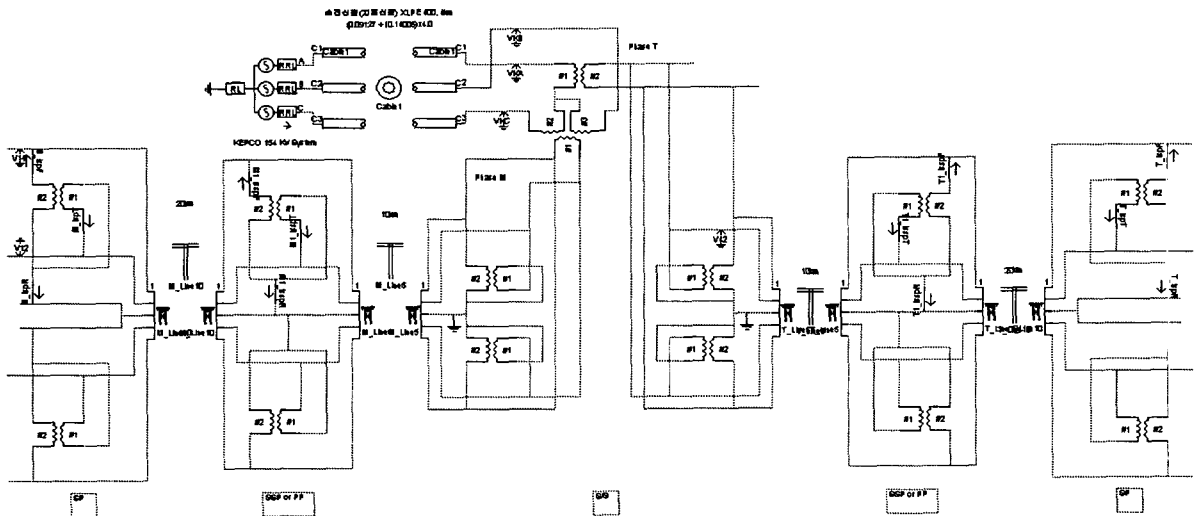


그림 2 교류 급전시스템 모델
Fig. 2 Model of AC traction power feeding system

다. 다음은 교류 급전시스템을 구성하는 전원과 스코트 변압기, 단권 변압기, 전차선로의 EMTDC 개별 모델링이다.

3.1 교류 전철급전시스템 모델링

철도 송·변전설비는 전기차에 전력을 공급하기 위한 설비로 크게 송전선로, 변전소, 급전구분소 및 병렬급전소로 나눌 수 있고, 변전소는 한국전력공사로부터 수전한 3상 154[kV]를 단상 55[kV]의 전력으로 변환하여 전기차에 전기를 공급하는 장소이며, 급전구분소는 변전소와 변전소간 동상의 전기를 구분하며, 병렬급전소는 전압강화 보상 및 회생제동을 최대한 사용하기 위하여 상하선을 연결하여 주는 장소로 모든 장소에 단권 변압기를 설치하고 있다. 이 구성성비별로 다단자암 이론을 적용하여 모델링 하고, 이를 그림 2과 같이 EMTDC에 적용하여 정밀한 모델링을 하였다.

3.1.1 전원 측 모델링

전원 측이라 함은 한전 변전소와 전철변전소의 스코트 변압기 및 한전 변전소와 전철변전소를 연결시켜주는 송전선로라 정의하여 모델링 하였다.

3상전원은 한전변전소에서 전철변전소로 지중 또는 가공으로 송전하고 전철변전소의 수전용량을 고려하여 선종이 결정되며, 최소한 2회선의 송전선로가 변전소내 2중 모선에 루프로 연결되어 있다. 전철 주변압기는 변압기 결선방식에 따라 상결선, V결선, 스코트결선방식이 사용되고 있으나 3상으로부터 큰 단상전력의 부하를 가질 필요가 있을 때 3상전원의 1상으로부터 부하를 가지면 3상전원에 불평형이 유발되므로 단상 변압기 2대를 사용하여 3상→2상 변환을 하여 3상회로의 전원에 평형부하가 걸리도록 1895년 미국 예일대 교수 Scott가 개발한 스코트 결선방식이 주로 사용되고 있다.

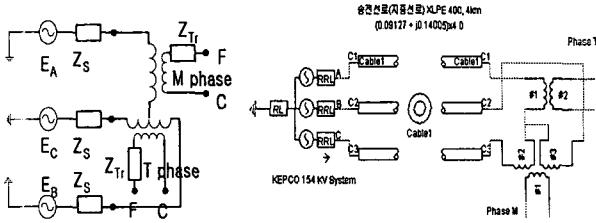


그림 3 한전변전소, 송전선로, 스코트 변압기
Fig. 3 Power utility, Transmission line and Main transformer

3.1.2 단권 변압기 모델링

단권 변압기는 2권선 변압기와는 달리 1차권선과 2차권선으로 되어 있지 않고, 공통 철심을 이용하여 코일 2개를 감고 이를 직렬로 접속해서 1차와 2차의 단자를 인출함으로써 2권선 변압기와 동일한 변성 비를 얻을 수 있다. 전차선로에서 사용되는 단권 변압기는 1차 측의 권수가 2차 측의 2배가 되며, 직렬권선과 분로권선이 1:1의 권수 비를 가지고 있다. 1차 측의 전압은 55[kV]이고 2차측의 전압은 27.5[kV]가 되며 두 권선을 접속하는 지점에 전차선로의 레일과 연결한다.

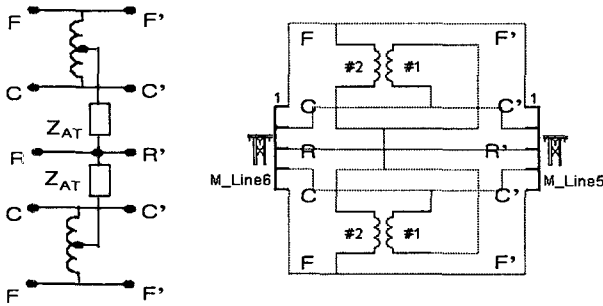


그림 4 단권 변압기
Fig. 4 Auto-transformer

3.1.3 전차선로 모델링

전차선로는 일반적으로 상·하행선 별로 급전선(1,2), 전차선(4,6), 조가선(3,5), 레일(7,8,9,10), 가공보호선(11,12)으로 구성되어 있다. 이들 전차선로는 상·하행선 별로 전차선과 조가선이 수 미터마다 드로퍼로 연결되어 있고 상·하행선 레일, 가공보호선이 서로 연결되어 있다. 이런 시스템을 실제적으로 해석하기 위해서는 이들 도체들을 서로 연결되지 않은 도체로 가정하는 것 보다 상행 급전선, 하행 급전선, 상·하행 각각의 전차선 도체군(전차선+조가선), 레일 도체군(상·하행 레일, 상·하행 가공보호선)의 5개 도체군으로 모델링하는 것이 현실적이다.

다음 그림 5는 전차선로 시스템의 기하학적인 구조를 나타낸다[7, 8].

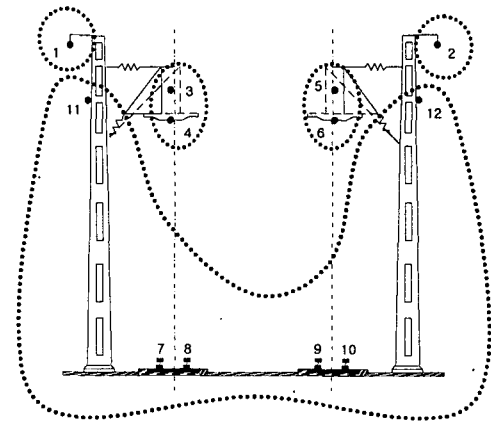


그림 5 기하학적 구조
Fig. 5 Configuration of the contact lines

5 도체군으로 축약된 전차선로 임피던스를 EMTDC에 적용하여 해석모델로 나타내면 다음과 같다. 다음 그림 6은 교류 급전시스템 모델에 적용된 전차선로 시스템이며 그 내부 상세 모델이다.

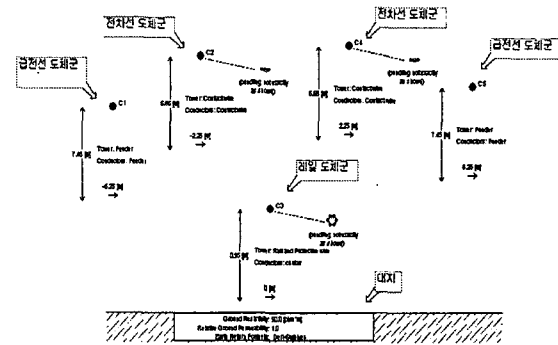


그림 6 전차선로 시스템 상세모델
Fig. 6 The detailed model of Contact lines

4. 사례 연구

사례 연구를 위해 다음 입력데이터로 계통을 구성하였다. 이렇게 주어진 데이터에 의해 간략 계산과 EMTDC 계산을 수행하였다.

4.1 입력 데이터

입력 데이터는 인천국제공항 철도의 설계 데이터를 이용하였다.

4.1.1 전원

○ 한전변전소 154[kV] 모선 임피던스

$$\%Z_{S1} = 0.0875 + j 1.3708 \quad (100[MVA] 기준)$$

$$\%Z_{S2} = 0.0875 + j 1.3708 \quad (100[MVA] 기준)$$

$$\%Z_{S3} = 0.2450 + j 1.9267 \quad (100[MVA] 기준)$$

$$Z_{S1} = 0.2075 + j 3.2510 [\Omega] \quad (154 [kV], 3[\phi] \text{ 기준})$$

$$Z_{S2} = 0.2075 + j 3.2510 [\Omega] \quad (154 [kV], 3[\phi] \text{ 기준})$$

$$Z_{S0} = 0.5810 + j 4.5694 [\Omega] \quad (154 [kV], 3[\phi] \text{ 기준})$$

$$Z_{S1} = 0.0132 + j 0.2073 [\Omega] \quad (27.5 [kV] \text{ 기준})$$

$$Z_{S2} = 0.0132 + j 0.2073 [\Omega] \quad (27.5 [kV] \text{ 기준})$$

$$Z_{S0} = 0.0371 + j 0.2990 [\Omega] \quad (27.5 [kV] \text{ 기준})$$

4.1.2 송전선로

o 지중선로 : XLPE 400[mm], 4.0[km]

$$Z_{T1} = (0.09127 + j 0.14005) \times 4.0 = 0.3651 + j 0.562 [\Omega]$$

$$Z_{T0} = (0.11025 + j 0.11857) \times 4.0 = 0.441 + j 0.4743 [\Omega]$$

$$\%Z_{T1} = \%Z_{T2} = 0.1539 + j 0.237 [\%] \quad (100 [MVA] \text{ 기준})$$

$$\%Z_{T0} = 0.186 + j 0.2 [\%] \quad (100 [MVA] \text{ 기준})$$

$$Z_{T1} = 0.0233 + j 0.0358 [\Omega] \quad (27.5 [kV] \text{ 기준})$$

$$Z_{T0} = 0.0281 + j 0.0303 [\Omega] \quad (27.5 [kV] \text{ 기준})$$

4.1.3 급전용 변압기

40/50[MVA], 154[kV]/55[kV]×2, %Z=10, X/R=20
(IEEE STD 141-1976 PAGE 201, FIG77)

$$\%Z_{Tr} = 0.4993 + j 9.9875 [\%] \quad (15[MVA] \text{ 기준})$$

$$\%Z_{Tr} = 3.3286 + j 66.5833 [\%] \quad (100[MVA] \text{ 기준})$$

$$Z_{Tr} = 0.2517 + j 5.0353 [\Omega] \quad (27.5 [kV] \text{ 기준})$$

$$Z_{Tr} = 7.8942 + j 157.9090 [\Omega] \quad (154 [kV], 3[\phi] \text{ 기준})$$

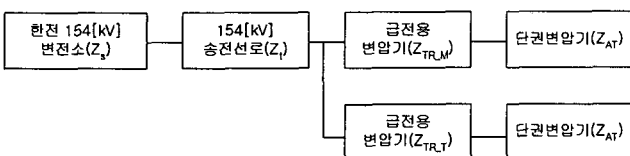
4.1.4 단권 변압기

1,000[kVA], $Z_{AT} = 0.45 [\Omega]$ (27.5[kV] 기준), X/R=14
(IEEE STD 141-1976 PAGE 201, FIG 77)

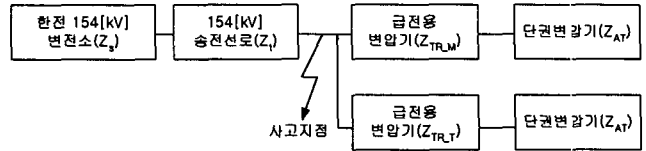
$$Z_{AT} = 0.0320 + j 0.4488 [\Omega]$$

4.2 간략 계산법을 이용한 사고 해석

간략 계산을 하기 위해 전체 계통을 한전 154[kV] 변전소, 송전선로, 급전용 변압기(스코트 변압기), 단권 변압기로 간단하게 구성하였다. 이를 나타내면 다음과 같다.



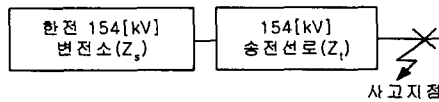
사고 위치가 송전선로와 급전용 변압기(스코트 변압기) 사이에서 발생한 경우를 가정해 보면 사고 해석을 하기 위해서는 한전 154[kV] 변전소 임피던스(Z_s)와 154[kV] 송전선로 임피던스(Z_t)를 직렬로 계산하여 전체 임피던스를 계산하게 된다. 본 논문에서는 사고 저항을 $0[\Omega]$ 으로 가정하였다.



사고 종류는 4가지로 살펴보았다. 154[kV] 송전선로의 1선 지락전류, 154[kV] 송전선로의 3상 단락전류, 급전용 변압기 2차측 55[kV]단 단락전류, 단권변압기 2차측 27.5[kV] 단락전류 4가지로 상정하였다.

4.2.1 154[kV] 1선 지락전류

o 사고 위치



o 사고 전류계산

· 영상 임피던스

고 장 원	R	X	
한전 154[kV] 전력계통	0.5810	4.5694] 직렬
154[kV] 송전선로	0.4410	0.4743	
합 계	1.0220	5.0437	

· 정상 임피던스

고 장 원	R	X	
한전 154[kV] 전력계통	0.2075	3.2510] 직렬
154[kV] 송전선로	0.3651	0.5620	
합 계	0.5726	3.8130	

· 역상 임피던스

고 장 원	R	X	
한전 154[kV] 전력계통	0.2075	3.2510] 직렬
154[kV] 송전선로	0.3651	0.5620	
합 계	0.5726	3.8130	

$$Z_0 = 1.0296 + j 5.2232 [\Omega]$$

$$Z_1 = 0.5726 + j 3.8130 [\Omega]$$

$$Z_2 = 0.5726 + j 3.8130 [\Omega]$$

$$Z_0 + Z_1 + Z_2 = 2.1748 + j 12.6697 [\Omega]$$

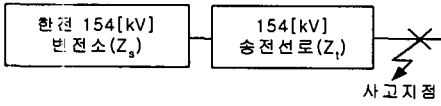
$$Z_{SF} = \sqrt{2.1872^2 + 12.6697^2} = 12.855 [\Omega]$$

o FAULT CURRENT

$$I_g = \frac{3E}{Z_o + Z_1 + z_2} = \frac{3}{12.855} \times \frac{154,000}{\sqrt{3}} = 20.749[kA]$$

4.2.2 154[kV] 3상 단락전류

o 사고 위치



o 사고 전류계산

고 장 원	R	X
한전 154[kV] 전력계통	0.0875	1.3708
154[kV] 송전선로	0.1539	0.2369
합 계	0.2414	1.6077

직렬

$$\%Z_{SF} = \sqrt{0.2414^2 + 1.6077^2} = 1.6257[\%]$$

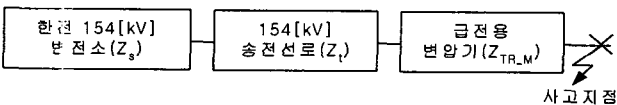
o FAULT CURRENT

$$P_s = \frac{100P_n}{\%Z_{SF}} = \frac{100 \times 100}{1.6257} = 6.151[MVA]$$

$$I_{SF} = \frac{P_s}{\sqrt{3}V} = \frac{6.151}{\sqrt{3} \times 154} = 23.06[kA]$$

4.2.3 55[kV] 단락전류 (변압기 2차 단락)

전력변전소의 급전용 변압기는 스코트 결선으로 되어 있다. 이것은 접지가 되어 있지 않으므로 간략 계산으로 Δ 결선과 같은 방식으로 고려하였다. 그리고 급전용 변압기 이후 부분은 3상 단락사고를 27.5[kV] 기준으로 바꾸어서 간략하게 계산하였다.



o 사고 전류계산

고 장 원	R	X
한전 154[kV] 전력계통	0.0132	0.2073
154[kV] 송전선로	0.0233	0.0358
급전용 변압기	0.2517	5.0353
사고지점	0.0100	0.0000
합 계	0.2982	5.2784

직렬

$$Z_{SF} = \sqrt{0.2982^2 + 5.2784^2} = 5.2868[\Omega]$$

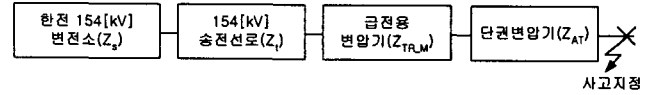
o FAULT CURRENT

$$I_{SF} = \frac{E}{Z_{SF}} = \frac{27,500}{5.2868} = 5.201[kA] \quad (27.5[kV] \text{ 기준})$$

$$I_{SF} = \frac{5.201}{2} = 2.6[kA] \quad (55[kV] \text{ 기준})$$

4.2.4 27.5[kV] 단락전류(단권 변압기 외선 T-R 단락)

o 사고 위치



o 사고 전류계산

고 장 원	R	X
한전 154[kV] 전력계통	0.0132	0.2073
154[kV] 송전선로	0.0233	0.0358
급전용 변압기	0.2517	5.0353
단권 변압기	0.0320	0.4488
합 계	0.3202	5.7272

직렬

$$Z_{SF} = \sqrt{0.3202^2 + 5.7272^2} = 5.7361[\Omega]$$

o FAULT CURRENT

$$I_{SF} = \frac{E}{Z_{SF}} = \frac{27,500}{5.7361} = 4.794[kA] \quad (27.5[kV] \text{ 기준})$$

4.3 EMTDC 모델을 이용한 사고 해석

4.2절 간략 계산에서 가정한 사고 위치에 대해서 EMTDC 도 같은 위치에 대해 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

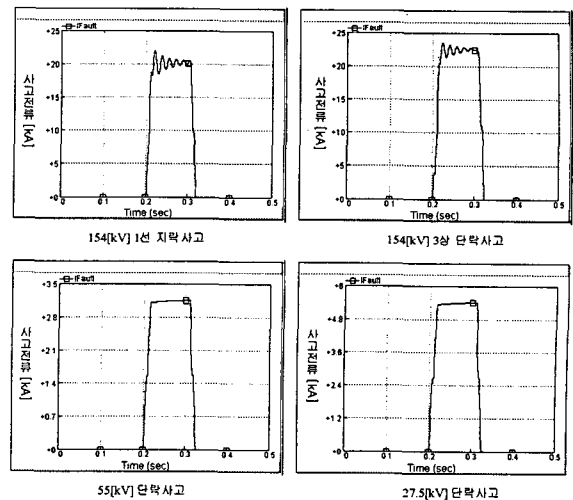


그림 7 사고 위치에 따른 EMTDC 시뮬레이션
Fig. 7 EMTDC simulation on Fault locations

위 EMTDC 시뮬레이션 결과와 4.2절 간략 계산의 결과를 표 1과 그림 8로 비교하였다.

표 1 Case 별 사고전류 비교

Table 1 Comparing fault for each case

	FAULT CURRENT	
	EMTDC	간략계산
154[kV] 1선 지락전류	22.00	20.75
154[kV] 3상 단락전류	23.56	23.06
55[kV] 단락전류	3.12	2.60
27.5[kV] 단락전류	5.36	4.79

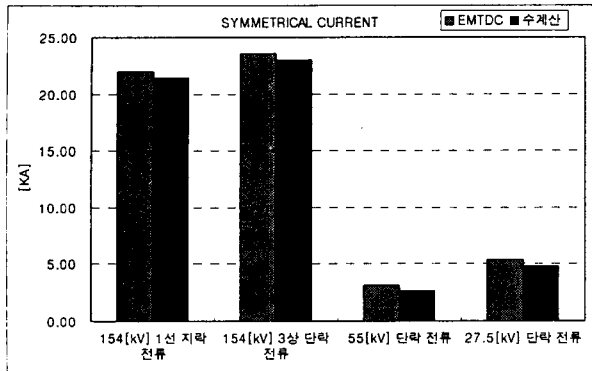


그림 8 간략 계산과 시뮬레이션 결과비교-사고전류
Fig. 8 Comparison of results - fault current

그 결과 이 두 가지 결과 값이 거의 같게 나왔다. 그러나 약간의 값의 차이를 나타냈는데 그 이유는 다음과 같다. EMTDC 모델링에서는 변전소 이후에 전차선로, 보조구분소, 급전구분소 등이 계통에 병렬로 물려 있기 때문에 전체 임피던스가 약간 줄어들게 되었고 사고 전류는 반대로 약간 크게 된 것이다. 그러나 이 정도의 값은 무시할 수 있다.

따라서 차단기 용량 설정과 같은 경우에 대해서 EMTDC 모델 사용이 충분히 가능성 있음을 알 수 있었다. 그리고 이 밖에도 EMTDC 모델링을 사용함으로써 약간의 계통 변화에 대해서 간단히 표현할 수 있으며 반복 계산도 가능하고, 전차선로의 자기 및 상호 임피던스까지 고려함으로써 계통이 복잡해져 간략 계산으로는 도저히 계산할 수 없지만 EMTDC 모델로는 쉽게 계산이 가능한 큰 장점이 있다.

사고의 위치를 보다 많이 변화시켜가면서 다양한 사고 해석을 하였다. 교류 전철급전시스템의 한 쪽 방향을 20km로 하였으며, 사고는 2km 간격으로 사고가 발생한 것으로 하였다.

사고 종류 또한 다양하게 전차선-레일, 전차선-급전선, 급전선-레일 3가지 사고로 상정하였다. 사고 지점 별 사고전류 시뮬레이션 결과는 그림 9와 같다.

사고전류는 단권 변압기가 설치된 지점에서 상승하였다. 이것은 전철급전시스템의 특성으로서 전철변전소에서 전체 계통을 바라볼 때 두 단권 변압기의 중간 지점에서 계통 임피던스가 가장 크게 되고, 단권 변압기 근처일수록 계통 임피던스가 가장 작아지기 때문에 10km 단권 변압기 위치에서 사고전류가 상승하였다. 그리고 전차선-급전선 사고의 경우 전차선-레일(또는 급전선-레일) 사고보다 전압레벨이 높기 때문에 사고전류는 상대적으로 작게 나타났다.

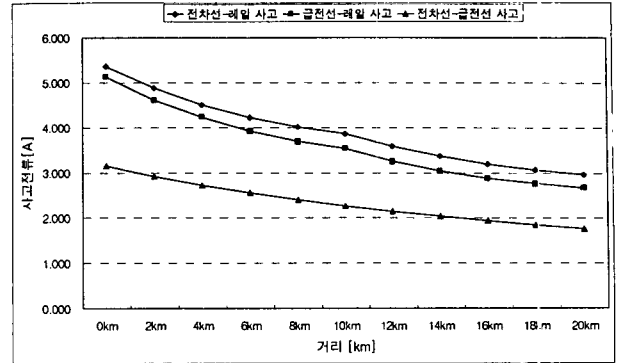


그림 9 사고종류에 따른 사고지점별 사고전류
Fig. 9 Current measured at the different locations

다음은 3가지 상정 사고에 대해서 EMTDC 계산과 간략 계산에 대해서 비교하였다.

송전선로와 단권 변압기 사이의 사고는 간략 계산으로도 간단히 구할 수가 있었다. 그러나 전철변전소 단권 변압기 이후의 등가 전차선로는 상·하행 (급전선, 전차선, 레일) 5 도체군으로 이루어져 있으며 또한 10km마다 단권 변압기가 상·하행 전차선로에 연결되어 있어 있다. 그리고 전차선로의 임피던스의 특징이 송전선로처럼 거리에 따라 일정하게 증가하는 것이 아니라 포물선을 그리며 증가하는 특징을 가지고 있다.

따라서 그림 9의 시뮬레이션에서 볼 수 있듯이 사고 전류는 포물선을 그리는 형태가 된다. 그러므로 간략 계산으로는 이러한 특징을 고려하여 계산할 수 없기 때문에 그림 10과 같은 오차가 발생하는 계산 결과가 된다. 이 간략 계산을 통해서 가장 큰 사고전류 값 예측이 가능하나 사고 종류 및 사고 위치에 따른 정밀한 해석은 어렵다. 결국 사고의 판별이라든지 사고 위치 표정과 같은 예측은 불가능할 것이다. 따라서 향후에는 EMTDC 교류 전철급전시스템 모델이 필요하다고 사료된다.

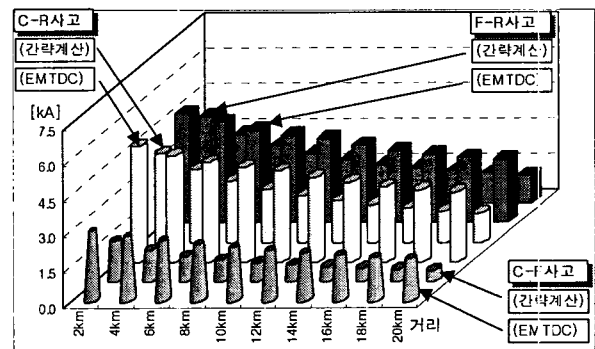


그림 10 사고종류에 따른 사고지점별 사고전류
Fig. 10 Current measured at the different locations

5. 결 론

우리나라 전철화율은 현재 약 21.4%이지만 향후 2010년에는 약 70%까지 증가시킬 것이다. 그리고 선로도 복선전철로

건설할 계획이다. 따라서 본 논문은 교류 전철 급전시스템의 복선 병렬 급전 방식에 대한 사고 전류를 해석하기 위해서 전자기 과도현상 소프트웨어인 EMTDC로 모델링하였다.

EMTDC로 모델링한 전기철도시스템 모델이 실제 철도 시스템에 적용시키는데 얼마나 적절한가를 보여주기 위해 주어진 실제통에 EMTDC를 적용하여 사고 전류값과 간략 계산에 의한 사고 전류값을 비교 분석하였다. 간략 계산은 가장 큰 사고전류 값의 예측이 가능하므로 차단기 용량에 대한 해석을 할 수 있겠으나 사고 종류 및 사고 위치에 따른 정밀한 해석은 어렵다. 따라서 사고의 판별이라든지 사고 위치 표정과 같은 예측은 불가능할 것이다. 따라서 향후에는 EMTDC 교류 전철급전시스템 모델이 필요하다고 사료된다.

차단기 용량선정과 같은 설계조건을 위해 한전 154[kV] 변전소에서부터 전철변전소 단권 변압기까지의 구간에 대해서 간략 계산한 값과 EMTDC로 정밀하게 계통을 구성하여 시뮬레이션한 값을 비교한 결과 두 계산 값이 동일함을 알 수 있었다. 그러나 전철변전소 단권 변압기 이후의 등가 전차선로는 상·하행 (급전선, 전차선, 레일) 5 도체군으로 이루어져 있으며 또한 10km마다 단권 변압기가 상·하행 전차선로에 연결되어 있어 있다. 그리고 전차선로의 임피던스의 특징이 송전선로처럼 거리에 따라 일정하게 증가하는 것이 아니라 포물선을 그리며 증가하는 특징을 가지고 있다. 따라서 간략 계산으로는 이러한 특징을 고려하여 계산할 수 없으므로 오차가 발생하는 계산 결과가 된다. 그러므로 간략 계산 보다는 EMTDC 모델링을 사용해야 하겠다. EMTDC 모델은 약간의 계통 변화에 대해서 간단히 표현할 수 있으며 반복 계산도 가능하고, 계통이 복잡해질수록 간략 계산으로 계산할 수 없지만 EMTDC 모델로는 쉽게 계산할 수 있다는 큰 장점이 있다. 이러한 EMTDC에 의한 전철 급전시스템 모델은 사고 종류 및 사고 위치에 따른 정밀한 해석과 사고의 판별이라든지 사고 위치 표정과 같은 예측 분야에 적용 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Sanghoon Chang, Kwanghae Oh, Junghoon Kim, "Analysis of Voltage Unbalance in the Electric Railway Depot Using Two-port Network Model", International Conference on Electrical Engineering, pp. 852~858, 2001

[2] 철도와 전기기술, "동해도 신간선 수전 차단시 이상전압", VOL. 2, No.10. 1991.10

[3] 한국철도기술연구원, 도시철도 표준화 연구개발사업, 2002년

[4] 이한민, 창상훈, 한문섭, 김주락, 오광해, 이장무, "PSCAD/EMTDC를 이용한 교류 전철급전시스템 모델링", 2002년 대한 전기학회 춘계학술대회 발표논문

[5] 이한민, 한문섭, 창상훈, 오광해, 이장무, 김주락, "PSCAD/EMTDC를 이용한 교류 전철급전 시스템 해석", 대한 전기학회 하계학술대회, 2002년

[6] Hanmin Lee, Sae-hyuk Kwon, Gilsoo Jang, Byongjun Lee and Byunghun Chang, "Dynamic Equivalents of the KEPCO System for the Stability Analysis", KIEE

International Transactions on PE, 12A-1, 20-25 (2002)

[7] 이한민, 오광해, 김길상, 창상훈 "선로정수 예측을 위한 전차선로 등가 회로 모델에 대한 연구", 2000년 한국철도학회 추계학술대회 발표논문

[8] 이한민, 오광해, 이장무, 창상훈, "5도체군 등가모델을 이용한 선로정수 예측에 관한 연구", 2001년 대한전기학회 춘계학술대회 발표논문

[9] 철도청, 호남선 서대전-천원간 송·변전설비 및 변전기술 실시설계 보고서, 2001.8

[10] 철도청, 경부선 동대구-부산간 전철, 전력설비 실시설계 보고서(별권), 1998년

[11] PSCAD/EMTDC User's manual.

저 자 소 개



이 한 민 (李 翰 旻)

1973년 3월 27일생. 1997년 중앙대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국철도기술연구원 철도전력연구그룹 주임연구원.
Tel: (031) 460-5423
E-mail: hanmin@krii.re.kr



오 광 해 (吳 廣 海)

1968년 4월 10일 생. 1990년 고려대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 한국철도기술연구원 철도전력연구그룹 그룹리더(선임연구원).
Tel: (031) 460-5402
E-mail: khoh@krii.re.kr



장 길 수 (張 吉 洙)

1967년 10월 26일 생. 1991년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 Iowa주립대 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(공학). 2000년 3월-현재 고려대 공대 전기전자전파공학부 부교수
Tel: (02) 3290-3246
E-mail: gjang@elec.korea.ac.kr



권 세 혁 (權 世 赫)

1949년 5월 14일 생. 1974년 서울대 공대 공업교육과(전기전공) 졸업. 1976년 서울대 교육대학원 공업교육과 졸업(석사). 1980년 미국 Iowa State Univ. 졸업(석사), 1984년 미국 Iowa State Univ. 졸업(공학). 현재 고려대학교 전기전자전파공 학부 교수.
Tel: (02) 3290-3220 Fax: (02) 921-1325/0544
E-mail: SHKWON@elec.korea.ac.kr