

## PSCAD/EMTDC에 의한 대규모 아파트단지의 접지특성 해석에 관한 연구

이후동, 신명기, 최성식, 강민관, 남양현, 노대석\*  
한국기술교육대학교 전기공학과

### A Study on Grounding Characteristic Analysis of Large-scaled Apartment Complex Based on PSCAD/EMTDC

Hu-Dong Lee, Myeong-Ki Shin, Sung-Sik Choi, Min-Kwan Kang,  
Yang-Hyun Nam, Dae-Seok Rho\*

Department of Electrical Engineering, Korea University of Technology and Education

**요약** 건물의 접지방식은 사고 발생 시 고장전류를 대지로 안전하게 방전시켜 인체와 기기의 안전성을 확립하기 위한 중요한 요소이다. 특히, 우리나라 아파트단지의 접지방식은 일본의 영향을 받아 TT접지방식으로 설계/시공되고 있지만, 전기안전을 확보하기 위하여 각동의 건물에서 기초 콘크리트 접지를 시설하고, 이들을 서로 연결하여 수변전실의 변압기 2차측 접지까지 연결하고 있다. 이러한 공동구로 연결된 TT접지방식은 TN접지방식에 가까우므로 1선 지락사고시 사고전류의 크기와 대지전압의 크기가 크게 증가하므로, 이를 정확하게 해석하여 사고에 대한 보호대책을 세우는 것이 중요한 과제로 대두되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 대규모 아파트단지의 접지특성을 해석하기 위하여, 도면과 현장측정에 의한 사례분석과 PSCAD/EMTDC의 모델링에 의한 접지방식 특성을 분석하여, 대규모 아파트단지의 접지방식(TN접지방식과 TT접지방식)에 대한 정확한 유형을 파악한다. 또한, 공동구 연결유무에 의한 대규모 아파트단지의 접지방식 구조에 따른 사고해석 알고리즘을 제시하고, 사고발생시 접지계통에서의 접촉전압 및 보폭전압을 고려한 접지계통설계 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제시한 모델링과 알고리즘을 바탕으로 실 계통의 아파트단지에 적용한 결과, 대규모 아파트단지의 접지특성 해석에 유용함을 확인하였다.

**Abstract** A grounding system in a large-scale apartment complex consists of a TT grounding system when viewed in each building unit, but the characteristics of TN grounding system appears when viewed in the total ground system function. Therefore, this study examined the characteristics of a grounding system in a large-scale apartment complex using design draft, field measurements and PSCAD/EMTDC modeling. This paper proposes an algorithm for fault analysis depending on the grounding system structure in large-scale apartment complexes considering the connection of the underground culvert as well as a design algorithm for each grounding system considering the contact voltage and step voltage. The simulation results based on the proposed modeling and algorithm confirmed that it is useful for analyzing the characteristics of a grounding system in a large-scale apartment complex.

**Keywords** : Global Grounding, Grounding System, Fault Current Calculation, TN grounding system, TT grounding system

### 1. 서론

최근, 대규모 아파트단지 공사에서는 TT(Terre-

Terre)접지방식으로 설계/시공되고 있지만, 전기안전을 확보하기 위하여, 각동의 건물에서 기초 콘크리트 접지를 시설하고 이들을 서로 연결하여 수변전실의 변압기 2

본 논문은 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 연구(No.20163010012310)와 한국에너지기술평가원의 연구(No.20172410100030)에 의하여 수행되었음.

\*Corresponding Author : Dae-Seok Rho(Korea University of Technology and Education)

Tel: +82-41-560-1167 email: dsrho@koreatech.ac.kr

Received August 21, 2017

Revised (1st November 2, 2017, 2nd November 21, 2017)

Accepted December 8, 2017

Published December 31, 2017

차측 접지까지 연결하고 있다. 이러한 접지시스템의 구성은 각 건물단위로 볼 때 외형상으로 TT접지방식을 이루고 있지만, 기능상으로는 TN (Terre-Neutral)접지방식의 특징을 나타내고 있다. 기존의 TT접지방식에 비하여 공동구로 연결된 TT접지방식은 TN접지방식에 가까우므로 1선 지락사고시 사고전류의 크기와 대지전압의 크기가 크게 증가하므로 이를 정확하게 해석하여 사고에 대한 보호대책을 세우는 것이 중요한 과제로 대두되고 있다[1]. 따라서, 본 논문에서는 대규모 아파트단지의 접지특성을 해석하기 위하여, 도면과 현장측정에 의한 사례분석과 PSCAD/EMTDC의 모델링에 의한 접지방식 특성을 분석하여, 대규모 아파트단지의 접지방식에 대한 정확한 유형을 파악한다. 또한, 공동구 연결유무에 의한 대규모 아파트단지의 접지방식 구조에 따른 사고해석 알고리즘을 제시하고, 사고발생시 접지계통에서의 접촉전압 및 보폭전압을 고려한 접지계통설계 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제시한 모델링과 알고리즘을 바탕으로 실 계통의 아파트단지에 적용한 결과, 대규모 아파트단지의 접지특성 해석에 유용함을 확인하였다.

## 2. 대규모 아파트단지의 접지방식 사례분석

### 2.1 도면에 의한 접지방식 특성 분석

TT접지방식을 적용하고 있는 A 아파트단지는 수변전실로부터 전원을 분배하는 방식으로 지하주차장과 공동구를 통해 Fig. 1과 같이 전력선과 접지선이 연결되어 있다. 또한, 기초접지는 전기보호접지, 공용접지와 같이 접속하여 접지저항을 저감할 수 있도록 설치되어 있다. 따라서, 도면상으로는 TT접지방식으로 시공되었지만, 지하주차장과 각 동이 철근구조의 공동구가 연결되어, 사고시 고장전류가 증가하는 TN접지방식이 될 수 있음을 알 수 있다[2-4].

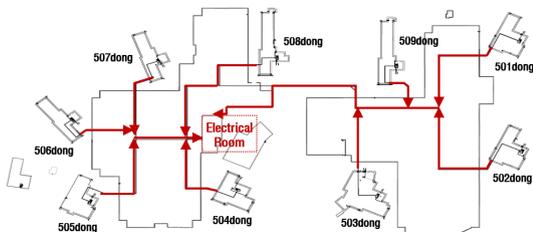


Fig. 1. Power and grounding wire configuration of A apartment

### 2.2 현장 측정에 의한 접지방식 특성 분석

현장에서의 접지특성을 분석하기 위한 대상 아파트단지는 Fig. 1에서 제시된 대상과 동일한 것으로서, 총 9개동 1,200세대, 1개의 수변전실과 2곳의 지하주차장으로 구성된다. 여기서, 접지저항 측정대상은 수변전실의 2차측 접지와 9개동의 건물 기초접지로 선정하였으며, 측정 기기는 접지저항계를 사용하였다. 수변전실의 2차측 접지 및 9개동의 접지에 대하여 접지 저항값을 측정할 결과, Fig. 2와 같이 수변전실의 2차측 접지에서는 0.07 [Ω], 9개동의 접지값은 0.69[Ω]에서 2.12[Ω]의 값이 측정되었다.

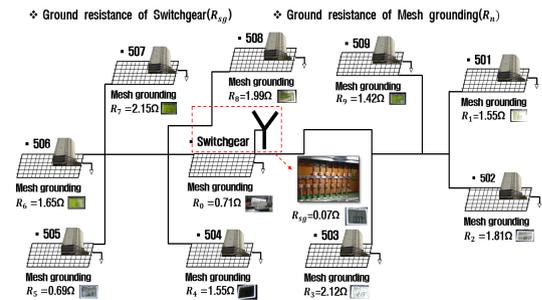


Fig. 2. Ground resistance of A apartment

따라서, 9개동에 대한 접지저항과 수변전실의 접지저항 값을 포함하여 A 아파트단지의 접지저항 값을 구하면 Fig. 3과 같이 0.1[Ω]정도의 접지저항 값이 나타남을 알 수 있다. 이는 외형적으로 고장전류의 크기가 비교적 작은 TT접지계통으로 설계/시공되었지만, A 아파트 단지의 경우 지하주차장과 각 동이 철근구조의 공동구로 전체적으로 연결되어 있어, 사고시 고장전류가 증가하는 TN접지계통이 될 수 있음을 알 수 있다.

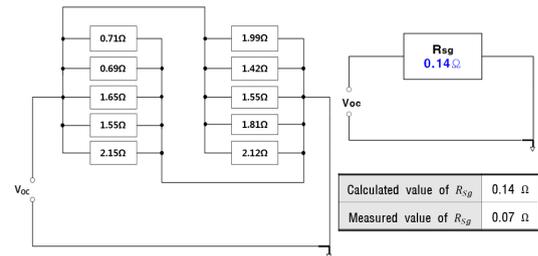


Fig. 3. Parallelization characteristics of ground resistance

### 3. 대규모 아파트단지의 접지방식 평가 알고리즘

#### 3.1 접지방식에 의한 사고해석 알고리즘

##### (1) 고장 임피던스 계산방법

대규모 아파트단지의 고장루프 임피던스는 Fig. 4와 같이 아파트단지의 전체 선로 및 기기의 임피던스, 공동구 내부임피던스와 아파트 각 동의 내부 임피던스를 고려하여 계산한다. 즉, 공동구가 PEN 도체 역할을 하고 있는 경우, 임피던스의 병렬화에 따라 고장루프 임피던스는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_{s-TT} = \frac{1}{\sum_{n=1}^k \frac{1}{(Z_{gn} + Z_{u(n-1)})}} + Z_0 + Z_{gf} + Z_L + Z_{CL} \quad (1)$$

여기서,  $Z_{s-TT}$ : 제안한 TT방식의 고장 루프임피던스,  $Z_{gn}$ : 각동별 접지임피던스(기초접지, 피뢰접지, 본딩접지),  $Z_{u(n-1)}$ : 공동구 임피던스,  $Z_L$ : 선로임피던스,  $Z_{gf}$ : MEB(Mesh Bonding)의 임피던스,  $Z_{CL}$ : 기기측의 선로 임피던스,  $Z_0$ : 모선측 영상 임피던스,  $n$ : 해당 동호수

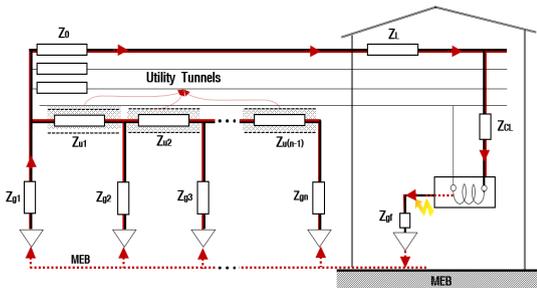


Fig. 4. Proposed fault loop impedance

##### (2) 사고해석 알고리즘

대규모 아파트단지의 접지시스템은 외형적으로 고장 전류의 크기가 작은 TT접지방식으로 설계/시공되지만, 철근 구조로 연결되어 있는 지하공동구에 의하여 고장전류가 큰 TN계통의 특성을 가지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 대규모 아파트단지의 접지방식에 따라 사고해석을 수행하는 알고리즘을 제시하였다. 제안한 사고해석 알고리즘의 구체적인 절차는 다음과 같다.

- [Step 1] 대규모아파트단지 전기실의 수배전반 측의 접지저항을 측정한다.
- [Step 2] 대상 동별 본딩접지, 피뢰접지, 기초접지의 저항을 측정한다.
- [Step 3] 수배전반 측을 계통연계지점(PCC, Point of Common Coupling)으로 가정 후 해당지점과 병렬 회로 구성하여 수배전반 측에서 바라본 전체 접지 저항값을 계산한다.
- [Step 4] 측정된 수배전반측의 전체 접지저항값과 계산한 값을 비교한다.
- [Step 5] 측정된 수배전반측의 전체 접지저항과 계산한 값이 동일하면 식 (1)과 같이 TN방식에 의한 사고해석을 수행하고, 그렇지 않으면 TT방식에 의한 사고해석을 실시한다.
- [Step 6] [Step 5]의 사고해석을 바탕으로 최종적으로 보호기기의 정정치 및 차단기의 용량을 산정한다.

상기의 알고리즘을 바탕으로 TT방식과 TN방식에 따른 대규모 아파트단지의 사고해석 절차를 나타내면 Fig. 5와 같다.

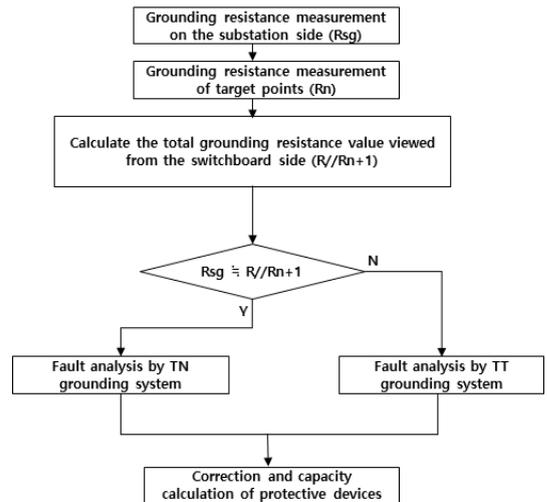


Fig. 5. Fault analysis procedure using TT and TN

#### 3.2 대규모 아파트단지의 접지설계 알고리즘

상기의 사고해석 절차를 바탕으로 안정적인 통합접지방식을 설계하기 위해서는 사고발생시 접지계통에서의

접촉전압 및 보폭전압을 고려해야 한다[5-7]. 따라서, 접촉전압 및 보폭전압의 규정치를 만족시킬 수 있는 안정적인 통합접지방식에 대한 설계 절차를 다음과 같이 제안하였다.

- [Step 1] 지락전류와 사고지속시간 등의 기초자료를 수집한다.
- [Step 2] 대지저항을 측정하고, 측정된 값을 등가화시켜 토양특성을 결정한다.
- [Step 3] 접지계통을 통해 대지로 흐르는 고장전류를 고려하여, 최대접지전위상승(EPR, Earth Potential Rising), 허용보폭전압(Allowable Step Voltage), 허용접촉전압(Allowable Touch Voltage)을 산정한다.
- [Step 4] 산정된 최대접지전위상승과 허용보폭전압, 접촉전압을 비교하여 조건을 만족하면 접지설계를 종료한다.
- [Step 5] 조건을 만족하지 않으면, 접지계통의 실제보폭전압과 접촉전압을 산정하여 허용보폭전압과 접촉전압 조건을 만족하는지 판단한다.
- [Step 6] 조건을 만족하지 않으면 설계수정(도체규격 재선정 등)을 통해 [STEP 3]로 가서 계산을 반복하고, 조건을 만족하면 접지설계를 종료한다.

상기의 알고리즘을 바탕으로 대규모 아파트단지의 접지설계 절차를 나타내면 Fig. 6과 같다.

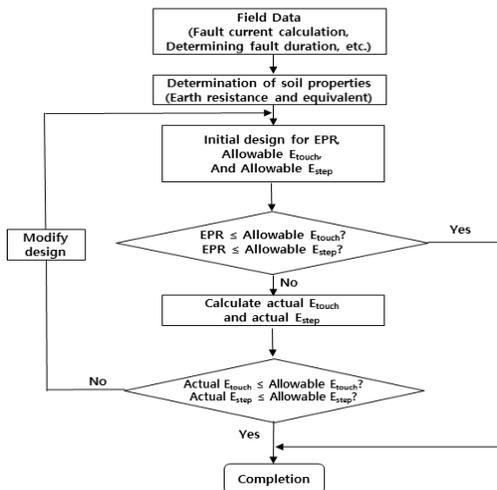


Fig. 6. Grounding procedure for large-scaled apartment

## 4. PSCAD/EMTDC에 의한 대규모 아파트단지의 접지계통 모델링

### 4.1 배전용변전소의 모델링

접지방식에 따른 고장전류 특성을 분석하기 위하여, 본 논문에서는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 실 배전계통을 모의하였다. 배전용 변전소는 154kV/ 22.9kV의 1차측과 2차측 전압, 45/60MVA 용량의 주변압기, 모선 임피던스로 구성된다. 배전용 변전소의 주변압기는 Y-Yg-D 결선으로 구성되며, 영상 및 정상분 %임피던스는 Table 1, Table 2와 같이 상정하였다. 상기의 데이터를 이용하여 배전용변전소를 모델링하면 Fig. 7과 같다.

Table 1. 22.9kV line Impedance of positive-sequence components (100 MVA)

Power side Impedance			Transformer Impedance	Line Impedance			
%R	%X	%ZS1	MVA	%ZHM	%R	%X	%ZB1
0.13	1.314	1.32	45	35.49	0.13	36.80	36.80

Table 2. Line impedance of zero-sequence components (100 MVA, Y-Yg-D)

Transformer Impedance		NGR Impedance	Line Impedance
MVA	%ZML	%ZNGR × 3	%ZB0
45	14.867	34.323	49.190

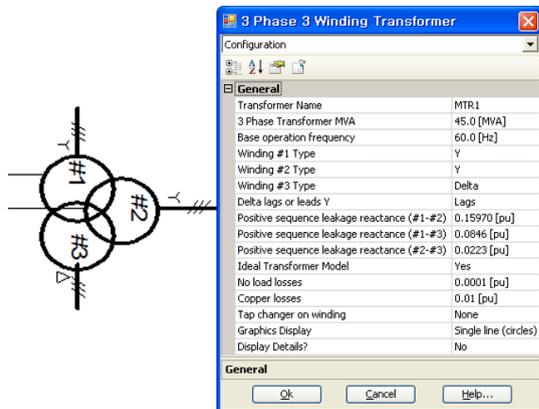


Fig. 7. Modeling of main transformer

### 4.2 고압배전선로의 모델링

배전계통의 고압 배전선로는 지중선로인 CNCV 325 mm<sup>2</sup> 가공선로인 ACSR 160-95mm<sup>2</sup> 그리고 ACSR 95-58mm<sup>2</sup>로 구성되며, 각각의 선로 임피던스의 파라미터는 Table 3, Table 4와 같다. 상기의 데이터를 이용하여 고압배전선로를 모델링하면 Fig. 8과 같다.

Table 3. % Impedance of 22.9kV-Y underground distribution line

Classification	Cable	R(%Ω/km)	jX(%Ω/km)
Positive-sequence components	CNCV 325mm <sup>2</sup>	1.7906	2.8451
Zero-sequence components	CNCV 325mm <sup>2</sup>	5.322	1.7353

Table 4. % Impedance of 22.9kV-Y distribution line

Classification	Cable	R(%Ω/km)	jX(%Ω/km)
Positive-sequence components	ACSR 160-95mm <sup>2</sup>	3.47	7.46
Zero-sequence components	ACSR 160-95mm <sup>2</sup>	11.9	29.26
Positive-sequence components	ACSR 95-58mm <sup>2</sup>	5.76	8.08

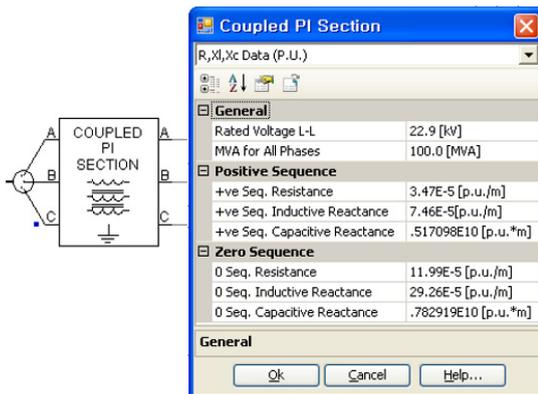


Fig. 8. Modeling of high-voltage distribution line

### 4.3 대규모 아파트단지의 모델링

대규모 아파트단지는 변압기를 포함한 수변전실과 2차측 저압선로로 구성된다. 수변전실과 각동간의 저압배전선로의 공장은 Table 5와 같으며, 동별 접지저항은 Table 6과 같고, 저압선의 선종은 Table 7과 같이 TFR-CV 10mm<sup>2</sup>로 상정하였다. 상기의 파라미터를 이용하여 아파트단지를 모델링하면 Fig. 9와 같다.

Table 5. Distance between apartment and substation

Location	Distance	Location	Distance
501↔Substation	302[m]	506↔Substation	105[m]
502↔Substation	321[m]	507↔Substation	112[m]
503↔Substation	240[m]	508↔Substation	125[m]
504↔Substation	84[m]	509↔Substation	245[m]
505↔Substation	126[m]		

Table 6. Grounding resistance of apartment

Apartment	Resistance	Apartment	Resistance
501	1.55[Ω]	506	1.65[Ω]
502	1.81[Ω]	507	2.15[Ω]
503	2.12[Ω]	508	1.99[Ω]
504	1.55[Ω]	509	1.42[Ω]
505	0.69[Ω]	Substation	0.71[Ω]

Table 7. % Impedance of 0.38kV-Y line

Classification	Cable	R(%Ω/km)
Positive-sequence components	TFR-CV 10mm <sup>2</sup>	1.83
Zero-sequence components	TFR-CV 10mm <sup>2</sup>	1.83

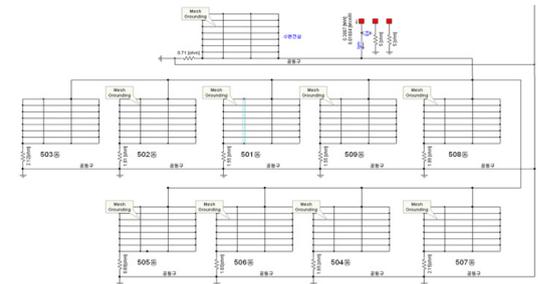


Fig. 9. Modeling of large-scaled apartment

### 4.4 전체 계통 모델링

대규모 아파트단지의 접지계통에 대한 특성을 분석하기 위하여, PSCAD/EMTDC를 이용하여 배전계통을 포함한 대규모 아파트단지의 모델링을 수행하였다. 구체적으로 대규모 아파트단지는 전력선이 수변전실로부터 지하차장과 아파트의 공동구를 통하여 각동으로 분기되고 있다. 또한, 각동과 공동구의 기초 접지는 전기보호접지, 공용접지와 같이 접속하여 접지저항을 저감할 수 있도록 설치되어 있다. 상기의 조건에 따라 전체 계통을 모델링하면 Fig. 10과 같다.

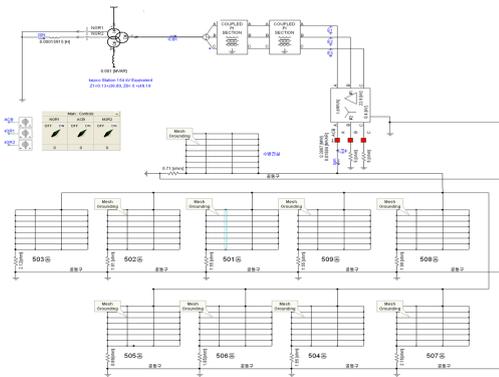


Fig. 10. Modeling of total system

## 5. 시뮬레이션 결과 및 분석

### 5.1 시뮬레이션 조건

접지방식에 따른 사고 특성을 해석하기 위하여 Fig. 11과 같이 수변전실의 직하지점과 아파트단지의 말단지점을 사고지점으로 상정하였다. 구체적으로 수변전실의 직하지점은 배전반으로부터 20m 지점인 인입구로 상정하였고, 말단지점은 수변전실로부터 저압 배전선로로 302m인 지점으로 상정하였다.

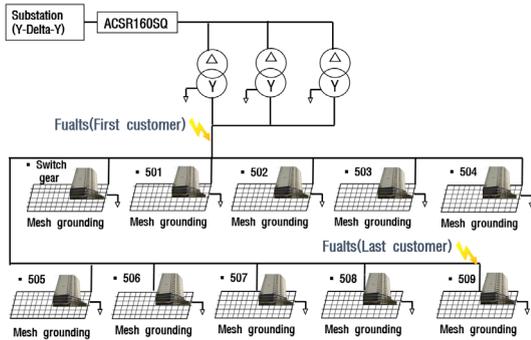


Fig. 11. Fault location of A apartment

### 5.2 접지저항 특성분석

대규모 아파트단지의 접지저항값을 PSCAD/ EMTDC에 의하여 분석한 결과, Fig. 12와 같이 수변전실의 접지저항 값은 0.136[Ω]으로 산정되었다. 이 값은 Fig. 3의 계산값(0.14[Ω])과 현장에서 측정한 실측값(0.07[Ω])이 거의 동일함을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제시한 PSCAD/EMTDC의 모델링이 정확함을 확인할 수 있었다.



Fig. 12. Ground resistance by PSCAD/EMTDC

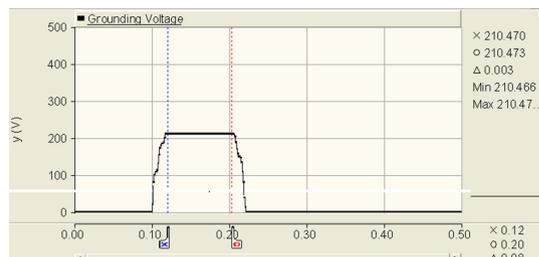
### 5.3 접지방식별 사고특성 해석

#### (1) 기존의 대규모 아파트단지의 사고특성 분석

기존의 대규모 아파트단지의 접지방식은 공동구가 연결된 TT방식으로 운영되고 있다. 따라서 기존 접지방식에 의한 지락사고 전류와 대지전압의 특성을 분석한 결과, 수배전반 인입구의 직하 지점에서 1선 지락사고가 발생한 경우에는 Fig. 13과 같이 3.3kA의 사고 전류가 발생하고, 대지전압은 210.5V까지 상승하였다.



(a) Ground fault current[kA]



(b) Earthing voltage[V]

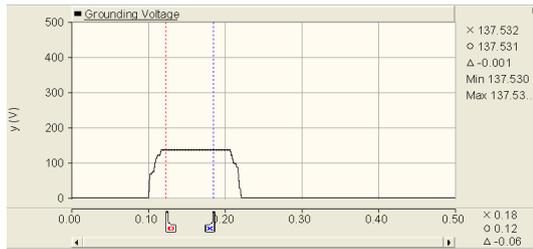
Fig. 13. Characteristic of fault current and earthing voltage at first customer

또한, 말단 지점에서 사고가 발생한 경우, Fig. 14와 같이 1.99kA의 사고전류가 발생하고, 대지전압은 137.5V까지 상승함을 확인하였다. 즉, 지락사고 위치에 따른 사고전류와 대지전압의 크기를 고려하여, 보호기기

를 산정해야함을 알 수 있다. 또한 말단지점의 대지전압이 137.5V까지 상승할 수 있으므로 이를 고려한 보호 방식을 선정할 필요가 있음을 알 수 있었다.



(a) Ground fault current[kA]

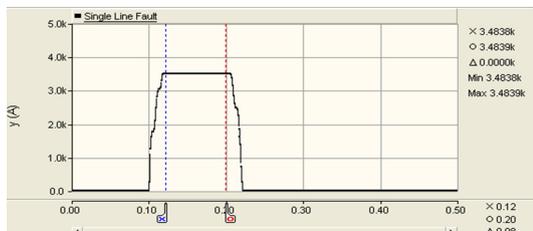


(b) Earthing voltage[V]

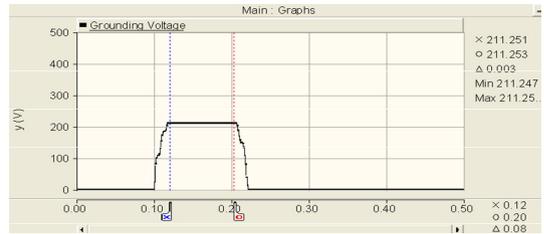
Fig. 14. Characteristic of fault current and earthing voltage at last customer

(2) TN방식을 가정한 대규모 아파트단지의 사고 특성 분석

기존의 대규모 아파트단지의 접지방식은 공동구가 연결된 TT방식으로 운용되고 있지만, 실제적으로는 TN방식에 가까운 특성을 보이기 때문에 2가지 방식을 비교하기 위하여 대규모 아파트단지의 접지방식을 TN방식으로 가정하여 사고 특성을 분석한다. 또한, 대규모 아파트 단지에 대하여 TN방식으로 가정하여 지락사고 전류와 대지전압의 특성을 분석한 결과, 직하에서는 Fig. 15와 같이 3.48kA의 사고전류가 발생하고 대지전압은 211.3V까지 상승하였다.



(a) Ground fault current[kA]



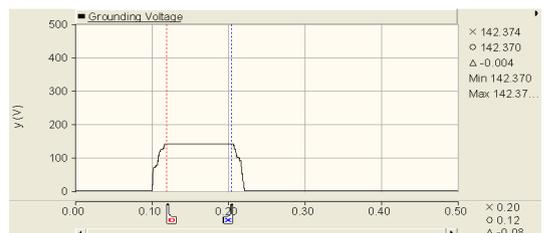
(b) Earthing voltage[V]

Fig. 15. Characteristic of fault current and earthing voltage at first customer

또한, Fig. 16과 같이 말단지점에서는 2.05kA의 사고 전류가 발생하고 대지 전압은 142.4V까지 상승함을 확인하였다. 즉, 지락사고 위치에 따른 사고전류와 대지전압 크기를 고려하여 보호기기를 산정해야함을 알 수 있었다. 또한, 말단에서의 대지전압이 142.2V까지 상승할 수 있으므로 이를 고려한 보호 방식을 선정할 필요가 있음을 알 수 있었다.



(a) Ground fault current[kA]



(b) Earthing voltage[V]

Fig. 16. Characteristic of fault current and earthing voltage at last customer

(3) 종합분석

앞에서 제시한 2가지 방식, 즉 TN방식과 공동구가 고려된 TT방식을 비교한 결과, 직하와 말단에서 1선 지락 사고가 발생하면, Table 8와 Table 9과 같이 사고 전류 측면에서는 약 5% 이내로 유사한 특성을 보이고, 대지

전압 측면에서는 0.5% 이내로 거의 동일한 값을 가지고 있음을 알 수 있다. 따라서 공동구가 설치된 대규모 아파트단지의 TT접지방식은 TN방식과 유사함을 확인할 수 있었다.

Table 8. Comparison of fault current of TT considering culvert and TN at first customer

Classification	TN	considering culvert TT
Ground fault current[A]	3,483[A]	3,300[A]
Earthing voltage[V]	211.3[V]	210.5[V]

Table 9. Comparison of fault current of TT considering culvert and TN at last customer

Classification	TN	considering culvert TT
Ground fault current[A]	2,054[A]	1,986[A]
Earthing voltage[V]	142.4[V]	137.5[V]

## 6. 결 론

기존에 건설된 아파트단지의 접지방식은 각 동의 접지선 이외에는 전기적으로 연결되는 경우가 없었으나 최근에 건설되고 있는 대규모 아파트단지의 접지방식은 전기보호접지와 건축물, 지하주차장 및 지하공동구 등의 구조체 본딩접지를 상호 접속하여 접지의 병렬화가 이루어지고 있어서 기존의 접지방식과는 다른 접지특성을 나타낼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 각 접지방식에 따른 고장해석을 통하여 대규모 아파트단지의 사고해석 알고리즘과 접지계통 설계 알고리즘을 제시하였다. 주요 연구 내용을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 대규모 아파트단지의 접지저항 값을 PSCAD/EMTDC에 의하여 모델링을 수행하여 시뮬레이션한 결과, 이론치와 현장에서 측정한 실측치가 거의 동일함을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제시한 PSCAD/EMTDC의 모델링이 유효함을 확인하였다.
- (2) TN방식과 공동구가 고려된 TT방식을 비교한 결과, 사고전류 측면에서는 약 3~5% 이내로 유사한 특성을 보이고, 대지전압 측면에서는 0.5~ 2.8%

이내로 거의 동일한 값을 가지고 있음을 알 수 있었다. 따라서 공동구가 설치된 대규모 아파트단지의 TT방식 접지방식은 TN방식과 유사함을 확인할 수 있었다.

- (3) 지하주차장 및 지하 공동구등으로 연결된 대규모 아파트단지는 외형적으로는 TT접지방식으로 시공되지만, 기능적으로는 TN접지방식에 가까운 전기적 특성을 가지고 있으므로, 사고전류가 상대적으로 큰 TN접지방식에 따라 보호기기 설정 및 단기의 용량을 산정해야 함을 알 수 있었다.

## References

- [1] Ki-Hong Lee, "Global Earthing System", *KIEE*, vol. 25, no. 3, 2011.
- [2] GH Lee, HB Choi, JM Kim, YS Ahn, "Application Research of IEC Standard for the Prevention of an Electric Shock," 2017.
- [3] KIEE, "Distribution Engineering," Measurement of ground resistance, pp. 95-98, 2014.
- [4] SJ Oh, CO Kim. "Grounding Resistance Measurement and Analysis of Building Structures for Applying as Safety Earthing," *Journal of the KIEE* (2012), vol. 26, no. 8, pp. 50-55, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.5207/JIEIE.2012.26.8.050>
- [5] IEEE80-2000 IEEE Guide for safety in AC substation grounding.
- [6] SG Park, CG Choi, "A Safety Assessment of a Mesh Grounding System for 22.9kV Substations," *Journal of KIEE* (2013), vol. 27, no. 5, pp. 54-60, 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.5207/JIEIE.2013.27.5.054>
- [7] JS Jung, WK Han, OH Kim, JC Kim "The Comparison and Analysis about Earth System based on IEC60364" *Journal of the KIEE*, vol. 24, no. 1, pp. 56-62, 2010.  
DOI: <https://doi.org/10.5207/JIEIE.2010.24.1.056>

**이 후 동(Hu-Dong Lee)**

[정회원]



- 2016년 8월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기공학과 석사과정 재학중

<관심분야>

배전계통 운용, 신재생에너지, 마이크로그리드

**강 민 관(Min-Kwan Kang)**

[정회원]



- 2005년 2월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2007년 2월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기공학과 박사과정 재학중

<관심분야>

신재생에너지, 전력계통, 마이크로그리드

**신 명 기(Myeong-Ki Shin)**

[정회원]



- 1999년 2월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2017년 8월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학석사)

<관심분야>

배전계통 운용, 신재생에너지, 마이크로그리드

**남 양 현(Yang-Hyun Nam)**

[정회원]



- 2016년 8월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기공학과 석사과정 재학중

<관심분야>

배전계통 운용, 신재생에너지, 마이크로그리드

**최 성 식(Sung-Sik Choi)**

[정회원]



- 2010년 5월 : 한국기술교육대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2014년 2월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2015년 2월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기공학과 박사과정 재학중

<관심분야>

배전계통 운용, 신재생에너지, 스마트그리드, 품질 해석

**노 대 석(Dae-Seok Rho)**

[정회원]



- 1985년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 3월 : 일본 북해도대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
- 1987년 3월 ~ 1998년 8월: 한국 전기연구소 연구원/선임연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수

<관심분야>

전력/배전 계통, 분산전원연계, 전력품질해석