(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0084629
(43) 공개일자 2024년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 27/20 (2006.01) *G01R 19/30* (2006.01)
G01R 27/08 (2006.01) *G01R 27/26* (2006.01)
G01R 31/08 (2006.01) *G01R 31/28* (2006.01)
G01R 31/58 (2020.01)
(52) CPC특허분류
G01R 27/20 (2013.01)
G01R 19/30 (2021.05)
(21) 출원번호 10-2022-0168785
(22) 출원일자 2022년12월06일
심사청구일자 2023년11월20일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)
(72) 발명자
노대석
충청남도 천안시 서북구 봉서산1길 35, 111동 301호(쌍용동, 파크밸리동일하이빌)
한병길
경기도 성남시 분당구 서현로321번길 11(서현동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김민태

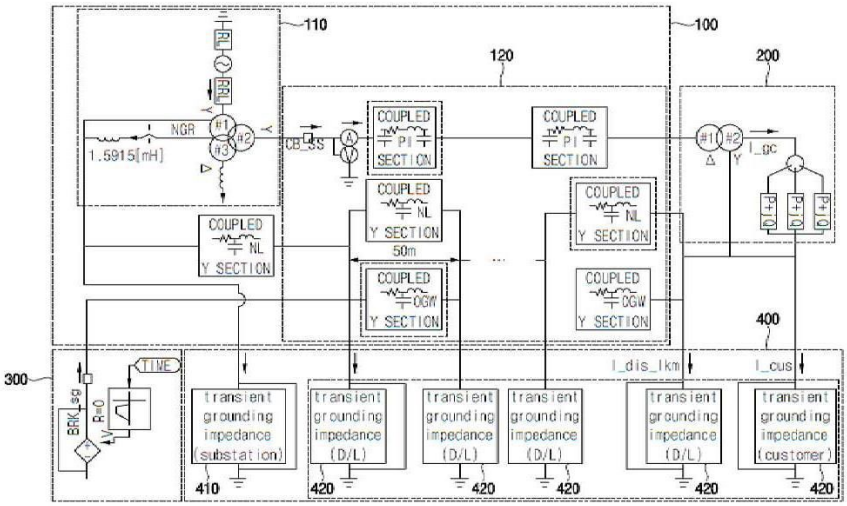
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치**

(57) 요 약

다양한 분산형 전원이 연계된 다중 직접 접지 배전계통의 접지개념을 상용주파수뿐만 아니라 고주파 대역에서의 접지 임피던스를 해석하기 위한 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치가 개시된다. 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치는, 송전 계통에서 받은 고전압의 전력을 저전압의 전력으로 변환하도록 구성된 배전계통부; 상기 배전계통부에서 제공되는 저전압의 전력을 소비하도록 구성된 수용가부; 낙뢰에 의해 발생되는 낙뢰 서지를 상기 배전 계통부에 발생시키도록 구성된 낙뢰 서지부; 및 상기 배전계통부 및 상기 수용가부에 각각 연결되어, 낙뢰 서지의 주파수에 따라 상기 배전계통부 및 상기 수용가부 각각의 과도 접지 특성을 검출하도록 구성된 과도접지임피던스 검출부를 포함한다. 이에 따라, 다양한 분산형 전원이 연계된 다중 직접 접지 배전계통의 접지개념을 상용주파수뿐만 아니라 고주파 대역에서의 접지 임피던스를 해석할 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01R 27/08 (2013.01)
G01R 27/2605 (2013.01)
G01R 27/2611 (2013.01)
G01R 31/085 (2013.01)
G01R 31/2848 (2013.01)
G01R 31/58 (2020.01)
(72) 발명자
김지명
경기도 용인시 수지구 용구대로 2720, 205동 102호(죽전동, 현암마을동성2차아파트)
신건
충청북도 음성군 원남면 마송일로 92-81
김경화
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1634-15, 별밭하우스 3동 402호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415180667
과제번호 20214910100010
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 고신뢰장주기대용량RFB-ESS(수십MWh급)기술개발사업
연구과제명 대용량(1MWh 이상) VRFB-ESS 현장평가(SAT) 기술기준 및 시험평가 기기 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 (재)한국화학융합시험연구원
연구기간 2022.02.01 ~ 2022.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415180915
과제번호 20213030160080
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 신재생에너지핵심기술개발(전력)
연구과제명 에너지 소비대체율 50% 달성을 위한 신재생에너지기반 융복합형 마을단위 마이크로그리드 실증 기술개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 (주)유에너지
연구기간 2022.05.01 ~ 2022.12.31
청구범위유예 : 있음
임시명세서출원 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

송전 계통에서 받은 고전압의 전력을 저전압의 전력으로 변환하도록 구성된 배전계통부;

상기 배전계통부에서 제공되는 저전압의 전력을 소비하도록 구성된 수용가부;

낙뢰에 의해 발생되는 낙뢰 서지를 상기 배전 계통부에 발생시키도록 구성된 낙뢰 서지부; 및

상기 배전계통부 및 상기 수용가부에 각각 연결되어, 낙뢰 서지의 주파수에 따라 상기 배전계통부 및 상기 수용가부 각각의 과도 접지 특성을 검출하도록 구성된 과도접지임피던스 검출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 배전계통부는,

3권선 Yg-Yg-Δ결선방식을 채용하는 배전변전소; 및

상도체, 중성선, 및 가공지선으로 구성되며, 22.9kV-Y 다중직접 접지 방식을 채용하는 배전선로를 포함하는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 수용가부는,

Δ-Yg 방식을 채용하는 수전용 변압기; 및

정전력 방식을 채용하고, 0.9로 상정된 역률을 갖는 수용가 부하를 포함하는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 낙뢰 서지부는,

낙뢰 서지 표준 파형을 고려하여, 규약 영점으로부터 30[%]~90[%]를 통과하는 파두장과 파미부분에서 파고값의 50[%]까지 감소하는데 걸리는 파미장을 시간에 따라 제어하도록 구성된 낙뢰 서지 시퀀스 제어기; 및

상기 시퀀스 제어기의 지령에 따라 낙뢰 서지를 발생시키도록 구성된 낙뢰 서지 발생장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 과도접지임피던스 검출부는,

메쉬 접지방식을 이용한 배전변전소용 과도접지임피던스부; 및

접지동봉 방식을 이용한 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부를 포함하는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 배전변전소용 과도접지임피던스부는,

직렬 연결된 격자 저항(R_{line}) 및 격자 인덕턴스(L_{line})를 포함하는 격자구조 단위 임피던스; 및

저항, 및 유도성 임피던스, 용량성 임피던스를 조합하여 구성되고, 상기 격자구조의 단위 임피던스의 각 접속점에서 대지와 연결된 대지연결 단위 임피던스를 포함하는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 배전변전소용 과도접지임피던스부에 의해 검출되는 배전변전소용 과도접지임피던스는 Schwarz식을 이용하여

$$R_M = \frac{\rho}{\pi l_m} \times (\ln \frac{2l_m}{\sqrt{2rt}} + K_1 \frac{l_m}{A} - K_2)\,[ohm]$$

(여기서, R_M : 메쉬의 저항, ρ : 저항률[Ω·m], lm : 접지봉의 총 길이, r : 접지봉의 반경, t : 매립깊이, A : 메쉬의 면적, K1 , K2 : 묻힌 폭과 깊이가 있는 상수 값)의 수식에 의해 산정되는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고,

접지동봉 1개의 저항 값(R1)은,

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l_r} \times (\ln \frac{2l_r}{r})[ohm]$$

(여기서, R1 : 접지봉의 저항[Ω], ρ : 저항률[Ω·m], lr : 접지봉의 길이[m], r : 접지봉의 반경[m])의 수식에 의해 산정되는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 9

제5항에 있어서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고,

N개의 접지봉을 병렬 접지한 경우의 합성저항(Rr)은,

$$R_r = \eta \times \frac{R_1}{n}[ohm]$$

(여기서, Rr : 병렬 n개의 접지봉의 총 저항, η : 조합계수, R1 : 접지봉의 저항[Ω], n: 접지봉의 병렬 연결수)의 수식에 의해 산정되는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 10

제5항에 있어서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고,

접지동봉 1개의 인덕턴스 값은,

$$L_r = 2l_r \times (\ln \frac{4l_r}{r}) \times 10^{-7}[H]$$

(여기서, Lr : 접지봉의 복합 인덕턴스, lr : 접지봉의 길이[m], r : 접지봉의 반경[m])의 수식에 의해 산정되는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 11

제5항에 있어서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고,

접지동봉 1개의 커패시턴스 값은

$$C_r = \frac{\epsilon_r \times l_r}{18 \times \ln(\frac{4l_r}{d})} \times 10^{-9}[F]$$

(여기서, Cr : 접지봉의 정전용량, lr : 접지봉의 길이[m], ε_r : 유전율)의 수식에 의해 산정되는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

청구항 12

제5항에 있어서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고,

배전선로 및 수용가의 합성 과도접지임피던스는,

$$Z_r = R_n + j\frac{wC_r}{wL_r}[ohm]$$

(여기서, Zr : 배전선로와 수용가부의 복합 과도접지임피던스, Rn : 병렬 n개의 접지봉의 총 저항, Cr : 접지봉의 정전용량, Lr : 접지봉의 복합 인덕턴스)의 수식에 의해 산정되는 것을 특징으로 하는 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 고주파 대역에서의 접지 임피던스를 해석하기 위한 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 고도 정보화 시대의 급속한 발전과 신재생에너지원의 전력계통 유입의 증가로, 배전계통에서 낙뢰 및 서지 등의 피해에 대비한 피뢰 및 접지시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 접지지스템은 접지망 형태에 따라 과도 상태에 대한 임피던스 특성이 다르게 나타난다.

[0003] 일반적으로, 접지임피던스는 접지저항과 접지전극 자체의 저항, 인덕턴스, 토양의 정전용량 등으로 결정된다.

[0004] 한편, 종래의 접지시스템은 60Hz 대역의 상용전원 계통 고장사고의 관점에서 지락 또는 단락사고시 인체의 감전사고 예방 및 설비보호 측면만을 고려하여 운용되어 왔으나, 고도의 전력품질이 요구되고 다양한 분산형 전원이 연계된 국내 22.9kV-Y 다중 직접 접지 배전계통에서는 접지망 형태에 따라 과도접지임피던스를 평가할 수 있는 방안이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1362964호(2014. 02. 13. 공고)(발명의 명칭 : 접지 임피던스 및 서지 임피던스 진단 방법 및 장치)

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1362940호(2014. 02. 13. 공고)(발명의 명칭 : 접지 시스템 진단 방법 및 장치)

(특허문헌 0003) 한국등록특허 제10-2023887호(2019. 09. 23. 공고)(발명의 명칭 : 임피던스 측정장치 및 이를 이용한 측정방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이에 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에 착안한 것으로, 본 발명의 목적은 다양한 분산형 전원이 연계된 다중 직접 접지 배전계통의 접지개념을 상용주파수뿐만 아니라 고주파 대역에서의 접지 임피던스를 해석하기 위한 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위하여 일 실시예에 따른 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치는, 송전 계통에서 받은 고전압의 전력을 저전압의 전력으로 변환하도록 구성된 배전계통부; 상기 배전계통부에서 제공되는 저전압의 전력을 소비하도록 구성된 수용가부; 낙뢰에 의해 발생되는 낙뢰 서지를 상기 배전 계통부에 발생시키도록 구성된 낙뢰 서지부; 및 상기 배전계통부 및 상기 수용가부에 각각 연결되어, 낙뢰 서지의 주파수에 따라 상기 배전계통부 및 상기 수용가부 각각의 과도 접지 특성을 검출하도록 구성된 과도접지임피던스 검출부를 포함한다.

[0008] 일 실시예에서, 상기 배전계통부는, 3권선 Yg-Yg-Δ결선방식을 채용하는 배전변전소; 및 상도체, 중성선, 및 가공지선으로 구성되며, 22.9kV-Y 다중직접 접지 방식을 채용하는 배전선로를 포함할 수 있다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 수용가부는, Δ-Yg 방식을 채용하는 수전용 변압기; 및 정전력 방식을 채용하고, 0.9로 상정된 역률을 갖는 수용가 부하를 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 낙뢰 서지부는, 낙뢰 서지 표준 파형을 고려하여, 규약 영점으로부터 30[%]~90[%]를 통과하는 파두장과 파미부분에서 파고값의 50[%]까지 감소하는데 걸리는 파미장을 시간에 따라 제어하도록 구성된 낙뢰 서지 시퀀스 제어기; 및 상기 시퀀스 제어기의 지령에 따라 낙뢰 서지를 발생시키도록 구성된 낙뢰 서지 발생장치를 포함할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 과도접지임피던스 검출부는, 메쉬 접지방식을 이용한 배전변전소용 과도접지임피던스부; 및 접지동봉 방식을 이용한 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부를 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 배전변전소용 과도접지임피던스부는, 직렬 연결된 격자 저항(R_{line}) 및 격자 인덕턴스(L_{line})를 포함하는 격자구조 단위 임피던스; 및 저항, 및 유도성 임피던스, 용량성 임피던스를 조합하여 구성되고, 상기 격자구조의 단위 임피던스의 각 접속점에서 대지와 연결된 대지연결 단위 임피던스를 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 배전변전소용 과도접지임피던스부에 의해 검출되는 배전변전소용 과도접지임피던스는 Schwarz식을 이용하여

$$R_M = \frac{\rho}{\pi l_m} \times \left(\ln \frac{2l_m}{\sqrt{2rt}} + K_1 \frac{l_m}{A} - K_2\right) [ohm]$$

[0014] (여기서, R_M : 메쉬의 저항, ρ : 저항률[Ω·m], lm : 접지봉의 총 길이, r : 접지봉의 반경, t : 매립깊이, A : 메쉬의 면적, K1 , K2 : 묻힌 폭과 깊이가 있는 상수 값)의 수식에 의해 산정될 수 있다.

[0015] 일 실시예에서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고, 접지동봉 1개의 저항 값(R1)은,

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l_r} \times \left(\ln \frac{2l_r}{r}\right) [ohm]$$

[0016] (여기서, R1 : 접지봉의 저항[Ω], ρ : 저항률[Ω·m], lr : 접지봉의 길이[m], r : 접지봉의 반경[m])의 수식에 의해 산정될 수 있다.

[0017] 일 실시예에서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고, N개의 접지봉을 병렬 접지한 경우의 합성저항(Rr)은,

$$R_r = \eta \times \frac{R_1}{n}[ohm]$$

[0018] (여기서, Rr : 병렬 n개의 접지봉의 총 저항, η : 조합계수, R1 : 접지봉의 저항[Ω], n: 접지봉의 병렬 연결 수)의 수식에 의해 산정될 수 있다.

[0019] 일 실시예에서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고, 접지동봉 1개의 인덕턴스 값은,

$$L_r = 2l_r \times (\ln \frac{4l_r}{r}) \times 10^{-7}[H]$$

[0020] (여기서, Lr : 접지봉의 복합 인덕턴스, lr : 접지봉의 길이[m], r : 접지봉의 반경[m])의 수식에 의해 산정될 수 있다.

[0021] 일 실시예에서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고, 접지동봉 1개의 커패시턴스 값은

$$C_r = \frac{\epsilon_r \times l_r}{18 \times \ln(\frac{4l_r}{d})} \times 10^{-9}[F]$$

[0022] (여기서, Cr : 접지봉의 정전용량, lr : 접지봉의 길이[m], ε_r : 유전율)의 수식에 의해 산정될 수 있다.

[0023] 일 실시예에서, 상기 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부는, 접지동봉 형태를 바탕으로 조합된 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 포함하고, 배전선로 및 수용가의 합성 과도접지임피던스는,

$$Z_r = R_n + j\frac{wC_r}{wL_r}[ohm]$$

[0024] (여기서, Zr : 배전선로와 수용가부의 복합 과도접지임피던스, Rn : 병렬 n개의 접지봉의 총 저항, Cr : 접지봉의 정전용량, Lr : 접지봉의 복합 인덕턴스)의 수식에 의해 산정될 수 있다.

발명의 효과

[0025] 이러한 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치에 의하면, 낙뢰에 의해 발생되는 낙뢰 서지를 배전계통부에 발생시키도록 구성된 낙뢰 서지부와, 상기 낙뢰 서지의 주파수에 따라 배전계통부 및 수용가부 각각의 과도 접지 특성을 검출하도록 구성된 과도접지임피던스 검출부를 구성함으로써, 다양한 분산형 전원이 연계된 다중 직접 접지 배전계통의 접지개념을 상용주파수뿐만 아니라 고주파 대역에서의 접지 임피던스를 해석할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 낙뢰 서지에 따른 과도접지임피던스 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

도 2a 및 도 2b는 접지 유형을 설명하기 위한 도면들이다. 특히, 도 2a는 접지 부하를 설명하기 위한 도면이고, 도 2b는 접지 메쉬를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 3에 도시된 배전계통부를 모델링한 도면이다.

도 5는 도 3에 도시된 수용가부를 모델링한 도면이다.

도 6a 및 도 6b는 도 3에 도시된 낙뢰 서지부를 모델링한 도면이다.

도 7은 도 3에 도시된 메쉬 접지방식을 이용한 배전변전소용 과도접지임피던스부를 모델링한 도면이다.

도 8은 도 3에 도시된 접지동봉 방식을 이용한 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부를 모델링한 도면이다.

도 9a, 도 9b 및 도 9c는 25kHz 낙뢰 서지에 의한 과도접지임피던스 특성을 설명하기 위한 도면이다.

도 10a, 도 10b 및 도 10c는 1MHz 낙뢰 서지에 의한 과도접지임피던스 특성을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.

[0029] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0030] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0031] 또한, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0032] 본 명세서에서, 과도접지임피던스는 접지 도체와 대지와의 접촉 저항 외에 인덕턴스 성분과 대지의 커패시턴스 성분으로 구성된다. 이러한 접지임피던스는 접지전극에 임펄스 전류를 인가한 후, 측정된 전압과 전류를 통하여 산정한다. 여기서, 전압과 전류의 위상 차이가 없는 경우, 과도접지임피던스는 저항성분으로만 이루어져 있는 것이므로 고유의 값을 갖는다.

[0033] 한편, 전압과 전류의 위상 차이가 있는 경우, 낙뢰 서지 전압에 따른 과도접지임피던스는 도 1과 같이 인덕턴스 성분과 대지의 커패시턴스 성분에 의하여 세 가지 특성을 가진다.

[0034] 도 1은 낙뢰 서지에 따른 과도접지임피던스 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

[0035] 도 1을 참조하면, 첫 번째는 전압의 최대값과 전류의 최대값으로 산정되는 규약 접지임피던스(Z_1)이며, 두번째는 전압의 최대값과 이 값이 발생되는 시간(t1)에서의 전류값에 의하여 산정되는 실효 서지임피던스(Z_2), 세 번째는 전류의 최대값과 이 값이 발생되는 시간(t2)에서의 전압값으로 산정되는 임피던스(Z_3)이다. 하지만, 일반적인 과도접지임피던스는 두 번째의 실효 서지임피던스(Z_2)를 이용하여 나타낸다.

[0036] 한편, 배전계통에서 주로 사용되는 접지망은 접지동봉 방식과 메쉬 접지 방식으로 분류된다.

[0037] 도 2a 및 도 2b는 접지 유형을 설명하기 위한 도면들이다. 특히, 도 2a는 접지 부하를 설명하기 위한 도면이고, 도 2b는 접지 메쉬를 설명하기 위한 도면이다.

[0038] 도 2a를 참조하면, 접지동봉 방식은 현장 접지 조건 및 대지고유저항에 따라 접지전극의 길이와 간격, 수량을 고려하여 설계되며, 각각의 동봉을 병렬로 연결하는 방식이다.

[0039] 도 2b를 참조하면, 메쉬 접지 방식은 설비 특성상 낮은 접촉전압이나 보폭전압을 확보하기 용이하여, 대형 플랜트나 발전소, 변전소에 일반적으로 사용되는 방식으로 격자 형태로 연결된 구조이다.

[0040] 이러한 접지 방식들은 서로 다른 합성 임피던스 값을 가지기 때문에, 주파수에 따른 과도접지임피던스에 대한 평가가 요구된다.

[0041] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0042] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치는 배전계통부(100), 수용가부(200), 낙뢰 서지부(300), 과도접지임피던스 검출부(400)를 포함하여, 접지 도체의 저항 및 인덕턴스 성분과 대지의 커패시턴스 성분에 의한 세 가지 특성을 분석하고, 접지망 형태(즉, 접지동봉, 메쉬)에 따라 상용주파수뿐만 아니라 고주파 대역까지 과도접지임피던스의 특성을 평가한다. 여기서, 상기 접지동봉 방식은 각각의 동봉을 병렬로 연결된 구조이고, 상기 메쉬 방식은 격자 형태로 연결된 구조이다. 본 실시예에서, 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치는 전력계통 상용 해석프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하도록 설정된다.

[0043] 배전계통부(100)는 배전변전소(110)와 배전선로(120)로 구성되어 송전 계통에서 받은 고전압의 전력을 저전압의 전력으로 변환하여 수용가부(200)에 제공한다.

[0044] 수용가부(200)는 배전계통부(100)에서 제공되는 저전압의 전력을 소비한다.

[0045] 낙뢰 서지부(300)는 낙뢰에 의해 발생되는 낙뢰 서지를 배전계통부(100)의 배전선로(120)에 발생시킨다.

[0046] 과도접지임피던스 검출부(400)는 배전계통부(100) 및 수용가부(200)에 각각 연결되어, 낙뢰 서지의 주파수에 따라 배전계통부(100) 및 수용가부(200) 각각의 과도 접지 특성을 검출한다. 본 실시예에서, 과도접지임피던스 검출부(400)는 배전변전소(110)의 과도 접지 특성을 검출하도록 구성된 배전변전소용 과도접지임피던스부(410)와, 배전선로(120) 및 수용가(200)의 과도 접지 특성을 검출하도록 구성된 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부(420)를 포함한다.

[0047] 후술하지만, 상기한 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치의 모델링을 바탕으로 주파수에 따른 과도접지임피던스의 특성을 분석한 결과, 저항성분이 대부분인 접지전극인 경우나 접지저항이 매우 큰 배전선로의 경우, 과도접지임피던스 특성을 주파수에 대한 영향이 적음을 알 수 있다. 또한 주파수에 대한 과도접지임피던스는 대부분 저항성분을 가지고, 25kHz 이상에서는 자기임피던스에 의한 유도성분의 영향이 지배적이며, 주파수가 높을수록 과도접지임피던스가 증가하는 현상을 알 수 있다.

[0048] 도 4는 도 3에 도시된 배전계통부(100)를 모델링한 도면이다.

[0049] 도 3 및 도 4를 참조하면, 배전계통부(100)는 배전변전소(110)와 배전선로(120)로 구성된다. 여기서, 154/22.9[kV] 배전변전소(110)의 주변압기(45/60[MVA])는 3권선 Yg-Yg-△결선방식을 채용하고, 배전선로(120)는 상도체, 중성선, 및 가공지선으로 구성되며, 22.9kV-Y 다중직접 접지 방식을 적용한다.

[0050] 또한, 배전선로(120)의 상도체, 중성선, 및 가공지선의 선종은 각각 ACSR 160[mm2], ACSR 95[mm2], 및 ACSR 32[mm2]로 상정하고, 이를 바탕으로 선로 임피던스를 산정한다.

[0051] 한편, 배전선로(120)의 중성선은 배전변전소(110)의 주변압기의 중성점으로부터 인출되고, 50m마다 전주를 설치하여 가공지선을 연결하여 접지동봉 방식으로 대지와 접지한다.

[0052] 도 5는 도 3에 도시된 수용가부(200)를 모델링한 도면이다.

[0053] 도 3 및 도 5를 참조하면, 수용가부(200)는 수전용 변압기(210)와 수용가 부하(220)로 구성된다. 여기서, 수전용 변압기(210)(22.9/0.38[kV])는 △-Yg 방식을 사용하며, 수용가 부하(220)는 정전력 방식을 채용하며, 역률은 0.9로 상정한다.

[0054] 도 6a 및 도 6b는 도 3에 도시된 낙뢰 서지부(300)를 모델링한 도면이다. 특히, 6a는 낙뢰 서지부(300)를 나타내고, 도 6b는 서지 전압의 표준 파형을 나타낸다.

[0055] 도 3 및 도 6a를 참조하면, 낙뢰 서지부(300)는 낙뢰 서지 발생장치(310)와 낙뢰 서지 시퀀스 제어기(320)로 구성된다.

[0056] 낙뢰 서지 발생장치(310)는 낙뢰 서지 시퀀스 제어기(320)의 지령에 따라 낙뢰 서지를 배전선로(120)에 발생시킨다.

[0057] 낙뢰 서지 시퀀스 제어기(320)는 도 6b와 같이 낙뢰 서지 표준 파형(KS C IEC 62305)을 고려하여, 규약 영점(O_1)으로부터 30[%]~90[%]를 통과하는 파두장과 파미 부분에서 파고값의 50[%]까지 감소하는데 걸리는 파미장을 시간에 따라 제어한다.

[0058] 한편, 도 3에 도시된 과도접지임피던스 검출부(400)는 메쉬 접지방식을 이용한 배전변전소용 과도접지임피던스

부(410)와 접지동봉 방식을 이용한 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부(420)로 구분된다.

[0059] 도 7은 도 3에 도시된 메쉬 접지방식을 이용한 배전변전소용 과도접지임피던스부(410)를 모델링한 도면이다.

[0060] 도 7을 참조하면, 배전변전소용 과도접지임피던스부(410)는 저항, 용량성 임피던스 및 유도성 임피던스를 이용하여 격자구조 단위 임피던스와 대지연결 단위 임피던스로 구성한다. 여기서, 격자구조 단위 임피던스는 6[m]X 6[m] 구조로 상정하고, 격자 저항(R_{line})과 격자 인덕턴스(L_{line})를 직렬로 구성한다. 또한, 대지연결 단위 임피던스는 격자구조의 단위 임피던스의 각 접속점에서 대지와 연결된 구조로, 저항, 및 유도성 임피던스, 용량성 임피던스를 조합하여 구성한다.

[0061] 한편, 배전변전소용 과도접지임피던스는 Schwarz식을 이용하여 아래의 수식 (1)과 같이 산정한다.

[0062] [수식 1]

$$R_M = \frac{\rho}{\pi l_m} \times (\ln \frac{2l_m}{\sqrt{2rt}} + K_1 \frac{l_m}{A} - K_2)\ [ohm]$$

[0063]

[0064] (여기서, RM : 메쉬의 저항, ρ : 저항률[Ω·m], lm : 접지선의 총 길이, r : 접지선의 반경, t : 매립깊이, A : 메쉬의 면적, K1 , K2 : 묻힌 폭과 깊이가 있는 상수 값)

[0065] 도 8은 도 3에 도시된 접지동봉 방식을 이용한 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부(420)를 모델링한 도면이다.

[0066] 도 8을 참조하면, 배전선로 및 수용가용 과도접지임피던스부(420)는 접지동봉 형태를 바탕으로 용량성 임피던스, 저항, 및 유도성 임피던스를 조합하여 나타낼 수 있다.

[0067] 접지동봉 1개의 저항 값(R1)은 아래의 수식 (2)와 같으며, N개의 접지봉을 병렬 접지한 경우의 합성저항(Rr)은 아래의 수식 (3)과 같다. 여기서, η는 결합계수로 대지저항률과 무관한 특성을 지니며, 접지봉간의 간격이 커지면 병렬효과가 나타나 η가 작아진다.

[0068] [수식 2]

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l_r} \times (\ln \frac{2l_r}{r})[ohm]$$

[0069]

[0070] [수식 3]

$$R_r = \eta \times \frac{R_1}{n}[ohm]$$

[0071]

[0072] (여기서, R1 : 접지봉의 저항[Ω], Rr : 병렬 n개의 접지봉의 총 저항, lr : 접지봉의 길이[m], r : 접지봉의 반경[m], η : 조합계수, n: 접지봉의 병렬 연결 수)

[0073] 접지동봉 1개의 인덕턴스 값은 아래의 수식 (4)와 같이 대지의 비투자율을 1로 상정하고, 접지극의 거리와 직경을 고려하여 산정한다.

[0074] [수식 4]

$$L_r = 2l_r \times (\ln \frac{4l_r}{r}) \times 10^{-7}[H]$$

[0075]

[0076] (여기서, Lr : 접지봉의 복합 인덕턴스, lr : 접지봉의 길이[m], r : 접지봉의 반경[m])

[0077] 접지동봉 1개의 커패시턴스 값은 아래의 수식 (5)와 같이 대지의 유전상수(er)와 접지극의 직경, 및 거리를 고려하여 산정한다. 따라서, 배전선로 및 수용가의 합성 과도접지임피던스는 수식 (6)과 같이 저항, 인덕턴스, 및 커패시턴스 값을 이용하여 산정한다.

[0078] [수식 5]

$$C_r = \frac{\epsilon_r \times l_r}{18 \times \ln(\frac{4l_r}{d})} \times 10^{-9}[F]$$

[0079]

[0080] [수식 6]

$$Z_r = R_n + j\frac{wC_r}{wL_r}[ohm]$$

[0081]

[0082] (여기서, Cr : 접지봉의 정전용량, Zr : 배전선로(120)와 수용가부(200)의 복합 과도접지임피던스, lr : 접지봉의 길이[m], Rn : 병렬 n개의 접지봉의 총 저항, Lr : 접지봉의 복합 인덕턴스, ε_r : 유전율)

[0083] 이하에서, 본 발명의 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스 모델링 장치에 의한 시뮬레이션 결과 및 분석을 설명한다.

[0084] 표 1은 본 발명에서 제시한 과도접지임피던스의 모델링에 대한 유효성을 확인하기 위한 시뮬레이션 조건을 나타낸다.

[0085] [표 1]

items			contents
detecting device of transient grounding impedance	mesh	resistance of mesh (R_{line})	1.82[μΩ]
		inductance of mesh (L_{line})	10.4[nH]
		inductance of grounding (L_M)	4.4[μH]
		capacitance of grounding (C_M)	390[μF]
		resistance of grounding (R_M)	227.5[μΩ]
	grounding rods	inductance (L_r)	17.5[μH]
		capacitance (C_r)	97.5[μF]
		resistance (R_r)	910[μΩ]
lightning surge device	voltage		20[kV]
	frequency		25[kHz], 1[MHz]
customer load			500[kVA]
distribution line	phase conductor	type	ACSR 160mm^2
		impedance	R:0.182[Ω/km], L:1.04[mH/km]
	neutral conductor	type	ACSR 95mm^2
		impedance	R:0.328[Ω/km], L:2.43[mH/km]
	overhead grounding wire	type	ACSR 32mm^2
		impedance	R:0.910[Ω/km], L:2.55[mH/km]

[0086]

[0087] 여기서, 배전변전소의 메쉬 접지의 단위 저항, 인덕턴스, 및 커패시턴스는 각각 1[Ω], 97.5[μF], 및 17.5[μH]로 상정하고, 배전선로 및 수용가용 저항, 인덕턴스, 및 커패시턴스는 각각 1[Ω], 97.5[μF], 17.5[μH]로 상정한다. 또한, 낙뢰 서지부는 20[kV]의 전압을 25kHz와 1MHz의 주파수로 발생시키도록 상정한다. 한편, 수용가 부하는 500[kVA]로 상정하고, 배전선로의 상도체, 중성선, 및 가공지선의 선종은 각각 ACSR 160[mm2], 95[mm2], 및 32[mm2]을 적용한다.

[0088] 상기의 시뮬레이션 조건을 바탕으로, 배전선로 인출점에서 25kHz급 낙뢰 서지를 발생시키도록 구성된 경우, 낙뢰 서지 전압과 낙뢰 서지 전류 과도접지임피던스의 특성을 나타내면 도 9a, 도 9b 및 도 9c와 같다.

[0089] 도 9a, 도 9b 및 도 9c는 25kHz 낙뢰 서지에 의한 과도접지임피던스 특성을 설명하기 위한 도면이다. 특히 도 9a는 서지 전압의 파형을 나타내고, 도 9b는 서지 전류 송출 포인트의 파형을 나타내고, 도 9c는 과도접지임피던스의 파형을 나타낸다.

[0090] 도 9a에서 낙뢰 서지 전압 파고치는 배전용 변전소, 배전선로 인출점, 배전선로 1km 지점, 및 수용가의 순으로 낮아짐을 알 수 있다. 또한, 도 9b에서 낙뢰 서지의 최대 전류값은 배전변전소에서 31.2[kA], 배전선로 인출점에서 51.6[kA], 배전선로 1km지점에서 3.4[kA], 수용가부에서 0.8[kA]로 산정됨을 알 수 있다.

[0091] 한편, 도 9c에서 과도 접지임피던의 최대값은 배전변전소에서 14.1[Ω], 배전선로 인출점에서 11.3[Ω], 배전선로 1km 지점에서 17.1[Ω], 수용가 부하에서 3.15[Ω]으로 산정됨을 알 수 있다.

[0092] 상기의 시뮬레이션 조건을 바탕으로, 배전선로 인출점에서 1MHz급 낙뢰 서지를 발생시키도록 구성된 경우, 낙뢰 서지 전압과 낙뢰 서지 전류 과도접지임피던스의 특성을 나타내면 도 10a, 도 10b 및 도 10c와 같다.

[0093] 도 10a, 도 10b 및 도 10c는 1MHz 낙뢰 서지에 의한 과도접지임피던스 특성을 설명하기 위한 도면이다. 특히 도 10a는 서지 전압의 파형을 나타내고, 도 10b는 서지 전류 송출 포인트의 파형을 나타내고, 도 10c는 과도접지임피던스의 파형을 나타낸다.

[0094] 도 10a에서 낙뢰 서지 전압파고치는 배전용 변전소, 배전선로 인출점, 배전선로 1km 지점, 및 수용가 순으로 낮아짐을 알 수 있다. 또한, 도 10b에서 낙뢰 서지 최대 전류값은 배전변전소에서 24.2[kA], 배전선로 인출점에서 40.1[kA], 배전선로 1km지점에서 3.1[kA], 수용가부에서 1.4[kA]로 산정됨을 알 수 있다.

[0095] 한편, 도 10c에서 과도접지임피던스의 최대값은 배전변전소에서 35.5[Ω], 배전선로 인출점에서 32.6[Ω], 배전선로 1km 지점에서 25.1[Ω], 수용가 부하에서 3.2[Ω]으로 산정됨을 알 수 있다.

[0096] 상기의 시뮬레이션의 결과를 바탕으로 인가 주파수에 따른 낙뢰 서지 전압 및 낙뢰 서지 전류, 과도접지임피던스의 특성을 나타내면 표 2와 같다.

[0097] 표 2는 주파수에 따른 과도접지임피던스 특성을 나타낸다.

[0098] [표 2]

items	input frequency	voltage of lightning surge [kV]	current of lightning surge [kA]	transient grounding impedance [Ω]
substation	25kHz	14.1	31.2	14.1
	1MHz	24	24.2	35.5
sending point of distribution line	25kHz	20	51.6	11.3
	1MHz	20	40.1	32.6
1km away from substation	25kHz	2.5	3.4	17.1
	1MHz	9.5	3.1	25.1
customer load	25kHz	2.5	0.8	3.15
	1MHz	9.5	1.4	3.2

[0099]

[0100] 여기서, 주파수에 대한 과도접지임피던스는 대부분 저항성분을 가지고, 25kHz 이상에서는 자기임피던스에 의한 유도성분의 영향이 지배적이며, 주파수가 높아질수록 과도접지임피던스가 증가하는 현상을 알 수 있다. 높은 주파수 영역의 접지임피던스 특성은 접지전극의 형상, 크기, 매설방법, 대지저항률, 유전율 등에 의하여 변화하며, 특히 접지에 사용되는 접지 도체의 종류, 길이, 굵기, 배치방법 등이 큰 변수로 작용함을 알 수 있다.

[0101] 본 발명에서는 배전계통에서 접지망 형태에 따른 과도접지임피던스의 특성을 PSCAD/EMTDC를 이용하여 낙뢰 서지

모델링을 제시하고, 주파수 25kHz 및 1MHz에 대한 낙뢰 서지의 특성을 분석하였다. 이에 대한 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

[0102] 저항성분이 대부분인 접지전극인 경우나 접지저항이 매우 큰 배전선로의 경우, 과도접지임피던스 특성은 주파수에 대한 영향이 적음을 알 수 있다.

[0103] 또한 주파수에 대한 과도접지임피던스는 대부분 저항성분을 가지고, 25kHz 이상에서는 자기임피던스에 의한 유도성분의 영향이 지배적이며, 주파수가 높아질수록 과도접지임피던스가 증가하는 현상을 알 수 있다.

[0104] 또한 높은 주파수 영역의 접지임피던스 특성은 접지전극의 형상, 크기, 매설방법, 대지저항률, 유전율 등에 의하여 변화하며, 특히 접지에 사용되는 접지 도체의 종류, 길이, 굵기, 배치방법 등이 큰 변수로 작용함을 알 수 있다.

[0105] 이상에서 설명된 바와 같이, 본 발명에 따르면, 낙뢰에 의해 발생되는 낙뢰 서지를 배전 계통부에 발생시키도록 구성된 낙뢰 서지부와, 낙뢰 서지의 주파수에 따라 배전계통부 및 수용가부 각각의 과도 접지 특성을 검출하도록 구성된 과도접지임피던스 검출부를 구성함으로써 다양한 분산형 전원이 연계된 다중 직접 접지 배전계통의 접지개념을 상용주파수뿐만 아니라 고주파 대역에서의 접지 임피던스를 해석할 수 있다.

[0106] 이상에서는 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0107] 100 : 배전계통부 110 : 배전변전소

120 : 배전선로 200 : 수용가부

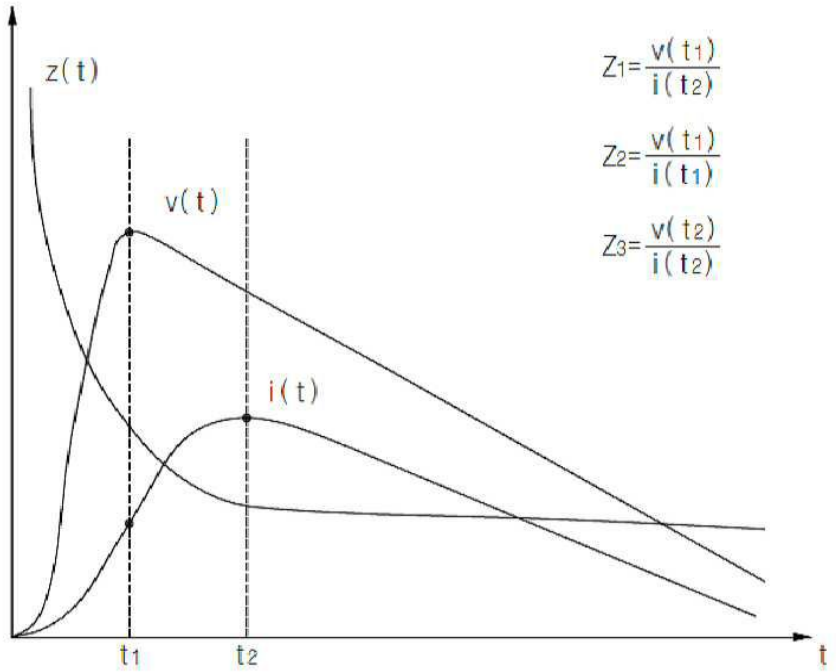
210 : 수전용 변압기 220 : 수용가 부하

300 : 낙뢰 서지부 310 : 낙뢰 서지 발생장치

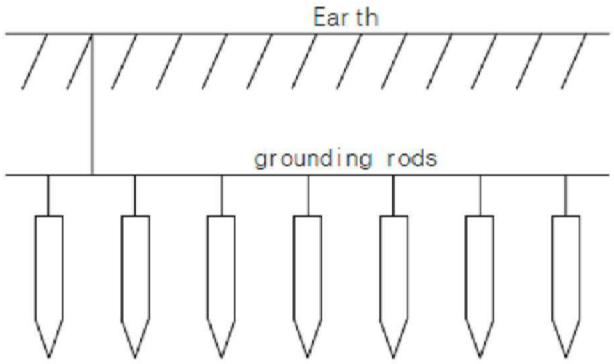
320 : 낙뢰 서지 시퀀스 제어기 400 : 과도접지임피던스 검출부

도면

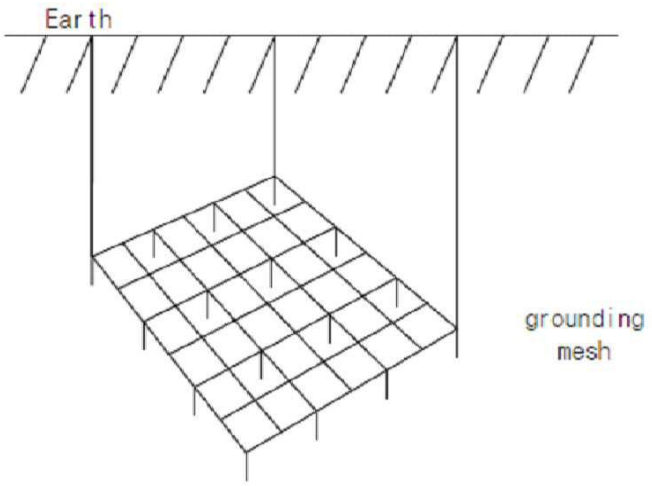
도면1



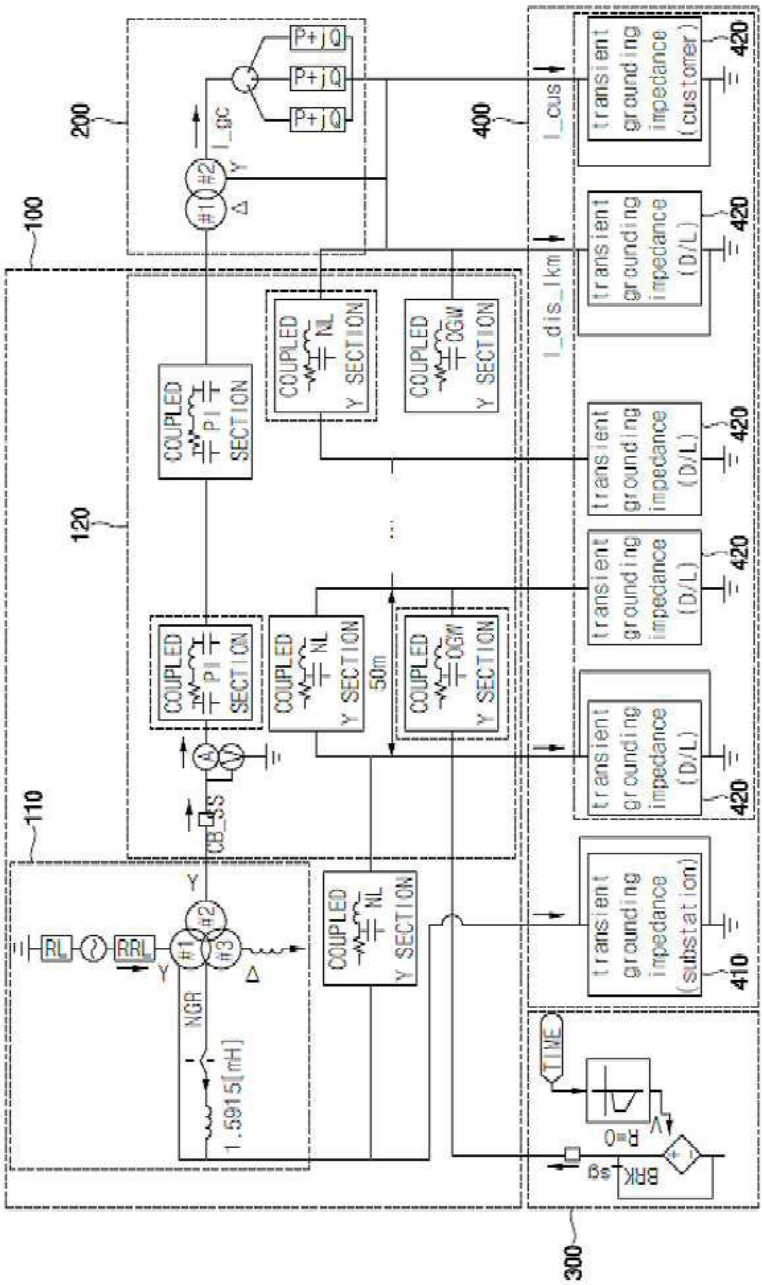
도면2a



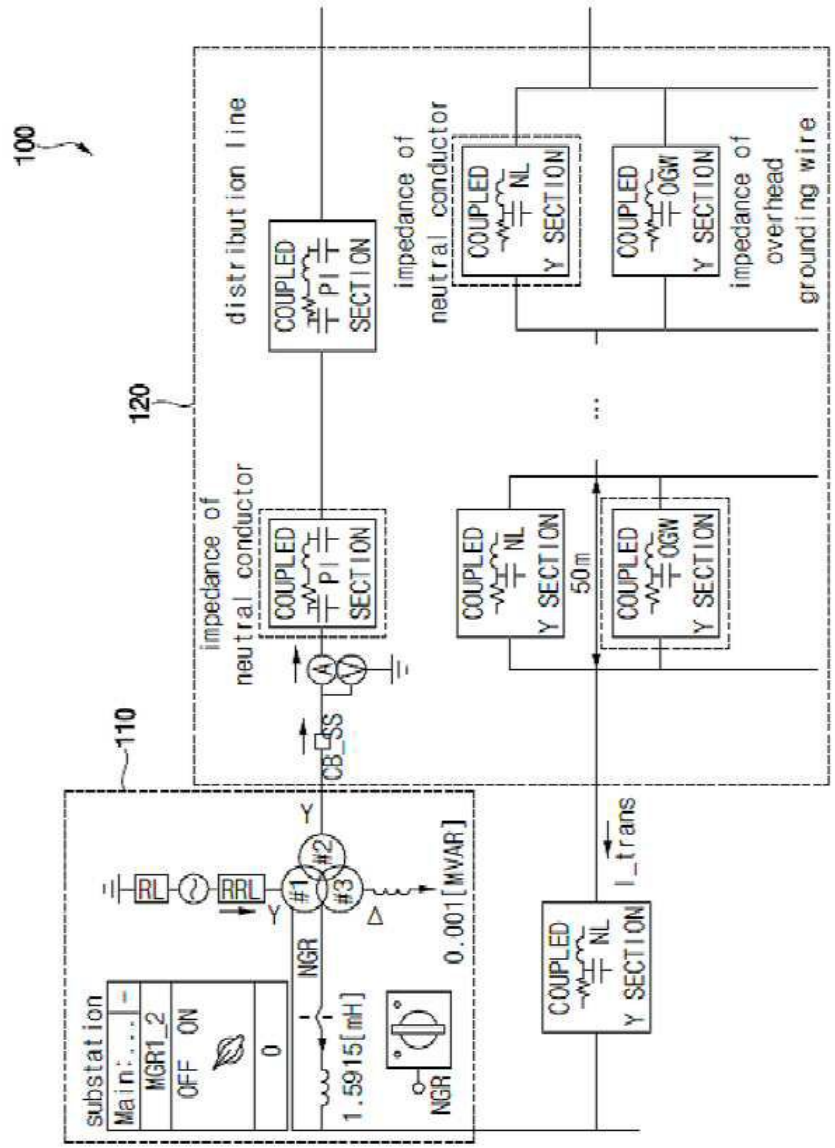
도면2b



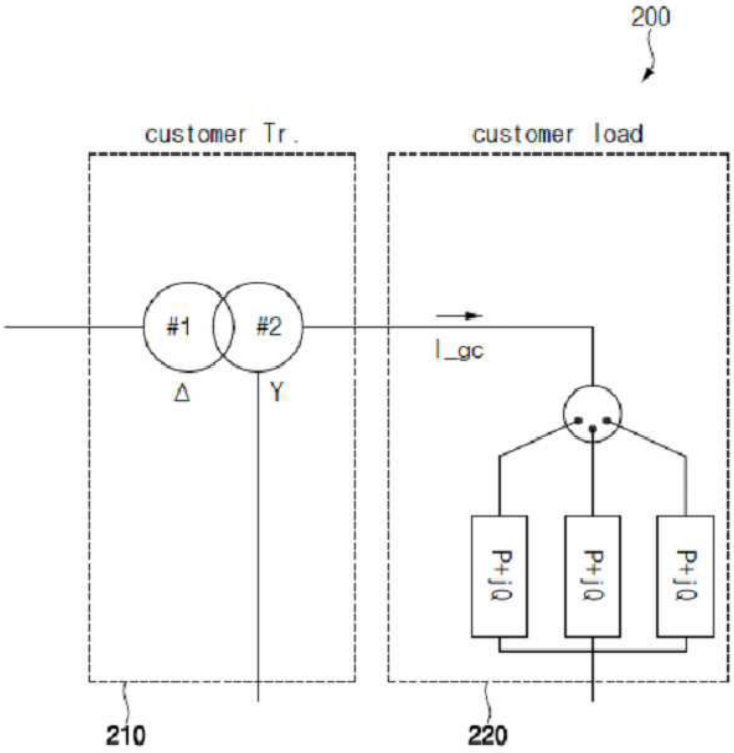
도면3


100
110
120
200
300
400
410
420
P+jQ
P+jQ
P+jQ
I_gc
#1
#2
Y
Δ
I_cus
I_dis_1km
transient grounding impedance (customer)
transient grounding impedance (D/L)
transient grounding impedance (D/L)
transient grounding impedance (D/L)
transient grounding impedance (D/L)
transient grounding impedance (substation)
COUPLED PI SECTION
COUPLED NL Y SECTION
COUPLED OGW Y SECTION
50m
CB_SS
RL
RRL
#3
NGR
1.5915[mH]
TIME
R=0
BRK sig

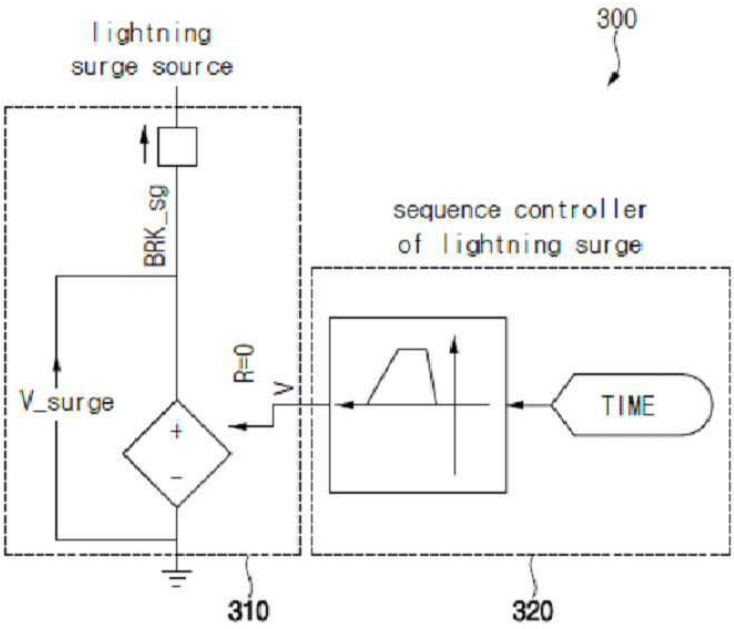
도면4


100
120
distribution line
impedance of neutral conductor
COUPLED PI SECTION
impedance of neutral conductor
COUPLED NL Y SECTION
COUPLED OGW Y SECTION
impedance of overhead grounding wire
110
substation
Main...
MGR1_2
OFF ON
0
RL
RRL
Y
#1
#2
#3
Δ
NGR
1.5915[mH]
NGR
0.001[MVAR]
CB_SS
COUPLED PI SECTION
COUPLED NL Y SECTION
50m
COUPLED OGW Y SECTION
COUPLED NL Y SECTION
I_trans

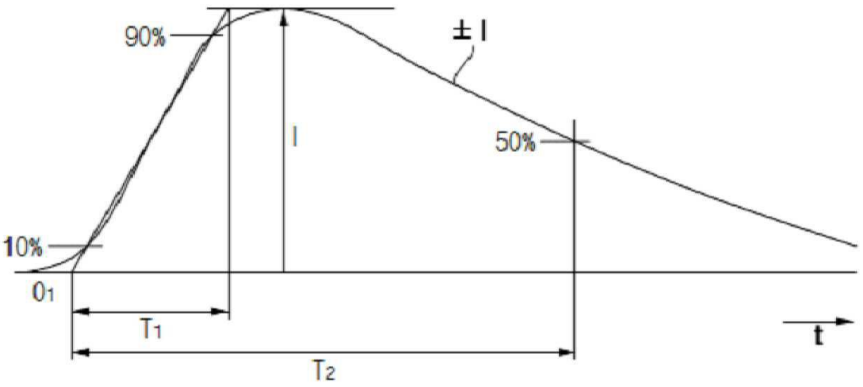
도면5


200
customer Tr.
customer load
#1
#2
Δ
Y
I_gc
P+j0
P+j0
P+j0
210
220

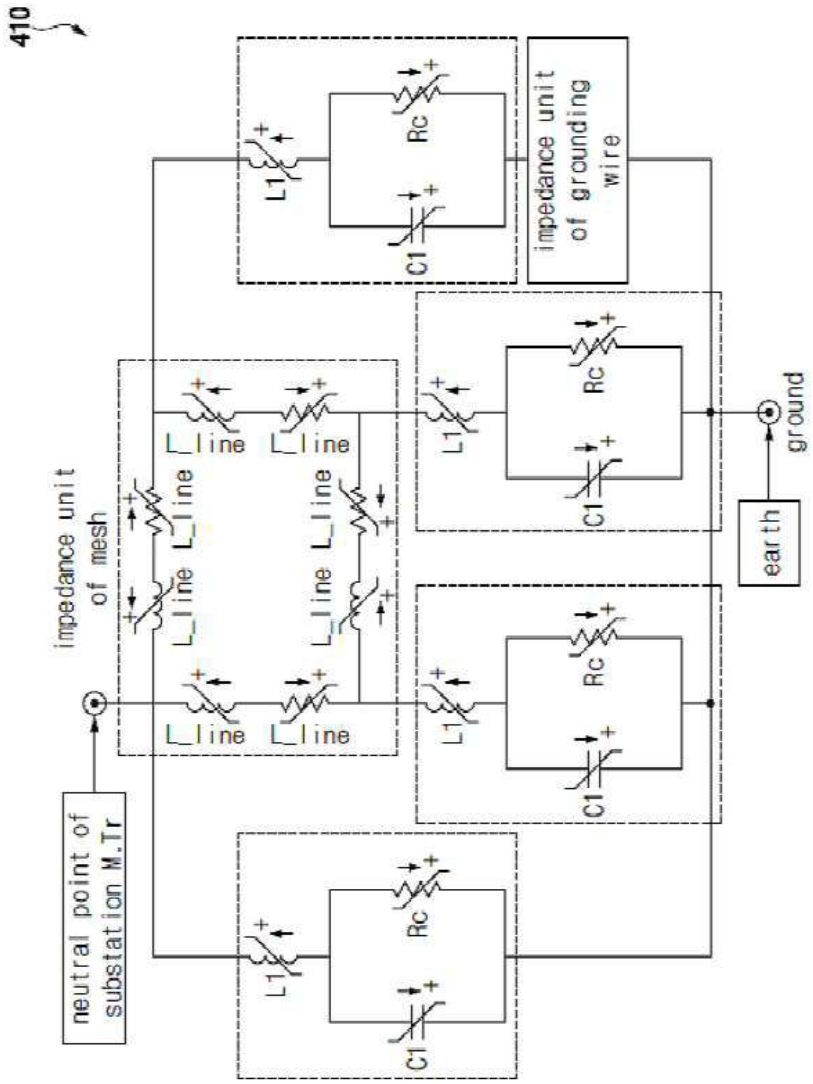
도면6a


300
lightning
surge source
BRK_sg
sequence controller
of lightning surge
V_surge
R=0
V
TIME
+
-
310
320

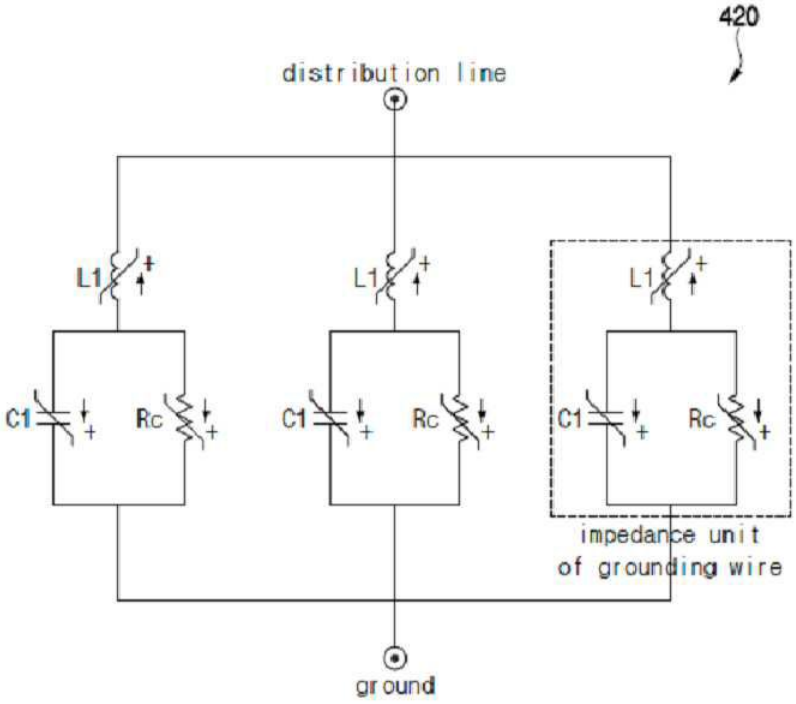
도면6b


90%
±I
I
50%
10%
O1
T1
T2
t

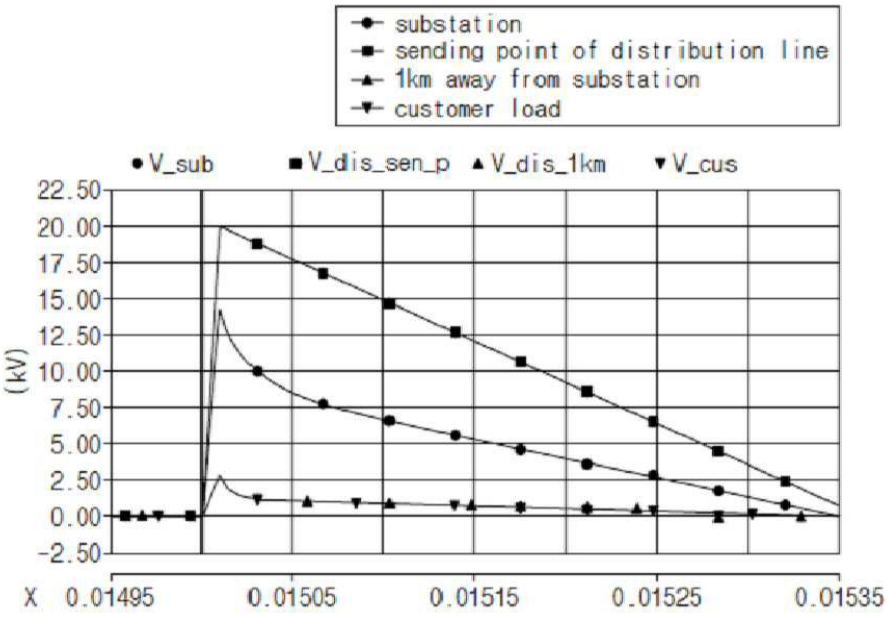
도면7


410
Rc
L1
C1
impedance unit of grounding wire
L_line
impedance unit of mesh
earth
ground
neutral point of substation M.Tr

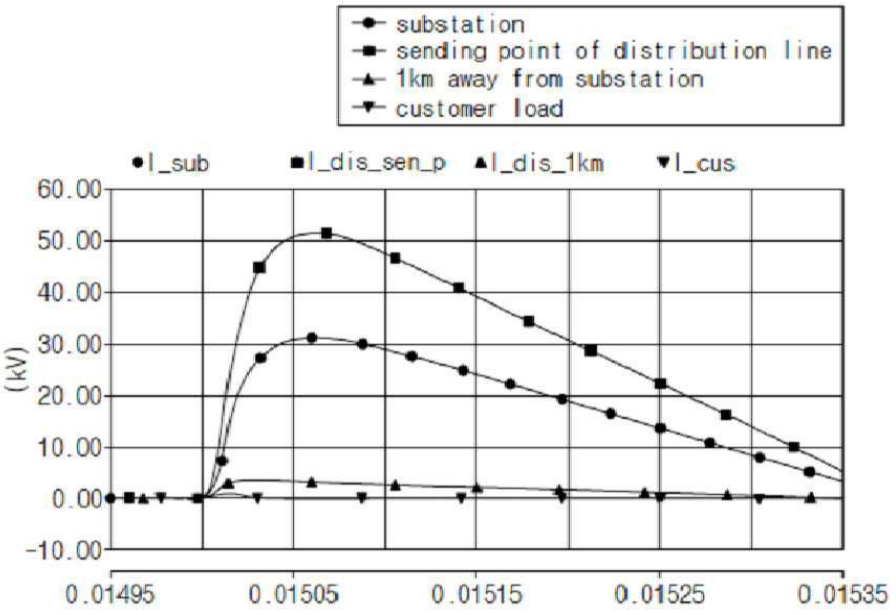
도면8


420
distribution line
L1
L1
L1
C1
Rc
C1
Rc
C1
Rc
impedance unit
of grounding wire
ground

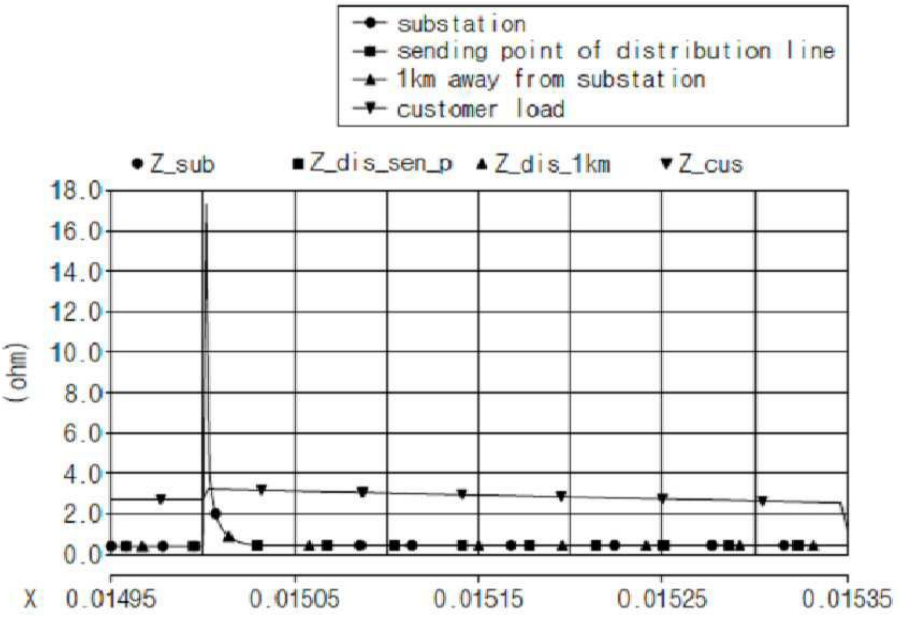
도면9a


substation
sending point of distribution line
1km away from substation
customer load
V_sub
V_dis_sen_p
V_dis_1km
V_cus
22.50
20.00
17.50
15.00
12.50
10.00
7.50
5.00
2.50
0.00
-2.50
(kV)
X
0.01495
0.01505
0.01515
0.01525
0.01535

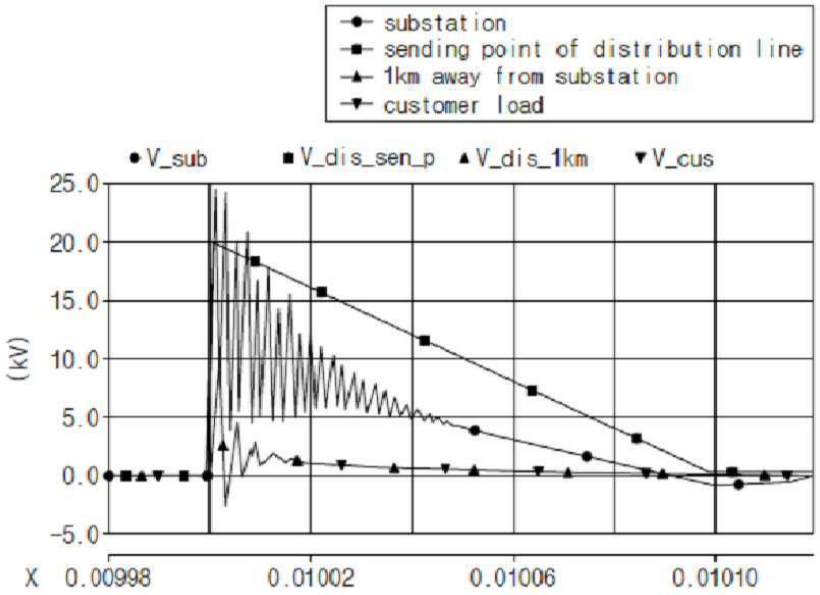
도면9b


substation
sending point of distribution line
1km away from substation
customer load
I_sub
I_dis_sen_p
I_dis_1km
I_cus
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
-10.00
(kV)
0.01495
0.01505
0.01515
0.01525
0.01535

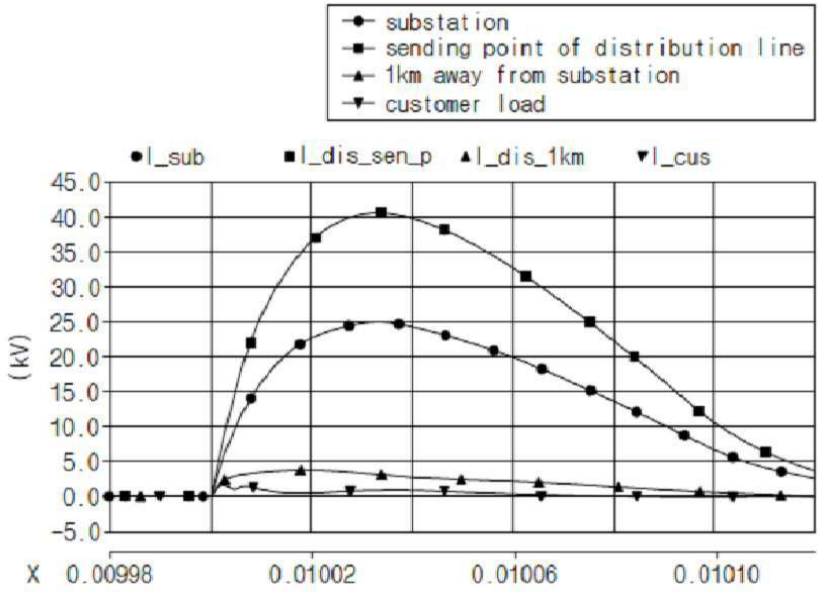
도면9c


substation
sending point of distribution line
1km away from substation
customer load
Z_sub
Z_dis_sen_p
Z_dis_1km
Z_cus
18.0
16.0
14.0
12.0
10.0
8.0
6.0
4.0
2.0
0.0
(ohm)
X
0.01495
0.01505
0.01515
0.01525
0.01535

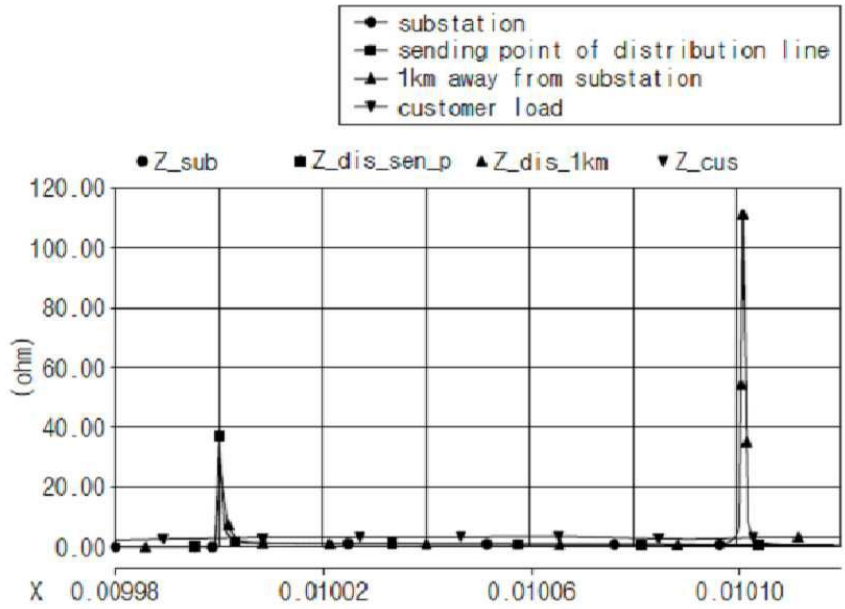
도면10a


substation
sending point of distribution line
1km away from substation
customer load
V_sub
V_dis_sen_p
V_dis_1km
V_cus
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
-5.0
(kV)
X
0.00998
0.01002
0.01006
0.01010

도면10b


substation
sending point of distribution line
1km away from substation
customer load
I_sub
I_dis_sen_p
I_dis_1km
I_cus
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
-5.0
(kV)
X
0.00998
0.01002
0.01006
0.01010

도면10c


substation
sending point of distribution line
1km away from substation
customer load
Z_sub
Z_dis_sen_p
Z_dis_1km
Z_cus
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
(ohm)
X
0.00998
0.01002
0.01006
0.01010

임시명세서(첨부)



아이콘을 더블 클릭하시면 임시명세서 파일이 열립니다.

본 공보 PDF는 첨부파일을 가지고 있습니다. Acrobat Reader PDF뷰어를 제공하지 않는 브라우저(크롬, 파이어폭스, 사파리 등)의 경우 첨부파일 열기가 제한되어 있으므로 Acrobat Reader PDF뷰어 설치 후 공보 PDF를 다운로드 받아 해당 뷰어에서 조회해주시기 바랍니다.