



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년06월18일
(11) 등록번호 10-2821896
(24) 등록일자 2025년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/40 (2014.01) G01R 19/165 (2006.01)
G01R 31/62 (2020.01) G06F 17/10 (2006.01)
H01F 30/12 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01R 31/40 (2013.01)
G01R 19/16528 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0187440

(22) 출원일자 2023년12월20일

심사청구일자 2023년12월20일

(56) 선행기술조사문헌

LI Hui-qi, DING Qian, Advanced Materials Research Vols. 860-863, pp. 1951-1954 (2013.12.13.) 1부.*

Namhun Cho et al., Sustainability 2022, 14, 9781 (2022.08.08.) 1부.*

CN106707126 A

KR101674475 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

김인수

인천광역시 연수구 송도문화로84번길 84, 102동 2104호(송도동, 베르디움 더퍼스트)

장지연

인천광역시 미추홀구 인하로91번길 50. 아카데미 304호(용현동)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 6 항

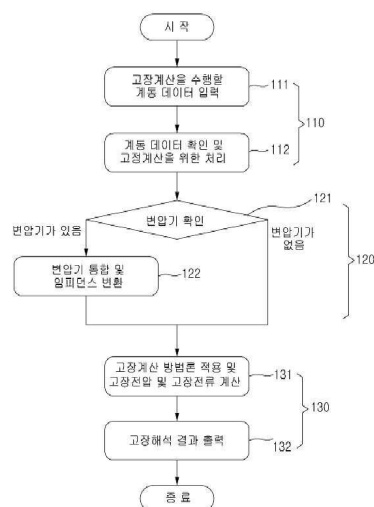
심사관 : 조훤

(54) 발명의 명칭 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 알고리즘

(57) 요약

2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법 및 시스템이 제시된다. 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법은 입력부를 통해 고장계산을 수행하기 위한 전력계통 데이터를 입력 받는 단계, 2권선 변압기와 3권선 변압기를 포함하는 전력계통의 조류계산 및 고장계산 수행 시, 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계 및 고장계산 수행부를 통해 상기 통합된 변압기에 대한 전력계통의 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크를 표현하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01R 31/62 (2022.01)

G06F 17/10 (2013.01)

H01F 30/12 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

입력부를 통해 고장계산을 수행하기 위한 전력계통 데이터를 입력 받는 단계;

2권선 변압기와 3권선 변압기를 포함하는 전력계통의 조류계산 및 고장계산 수행 시, 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계; 및

고장계산 수행부를 통해 상기 통합된 변압기에 대한 전력계통의 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크를 표현하는 단계

를 포함하고,

상기 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계는,

변압기 여부에 따른 복수의 기존 모선 간에 임피던스 변환을 위한 가상의 모선을 추가하고, 고장계산 과정 후 추가된 가상의 모선을 제거함으로써 고장해석 결과에는 도출되지 않도록 하는

변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계는,

변압기 여부에 따른 복수의 기존 모선과 추가된 모선 간에 임피던스 변환을 위해 변압기의 결선에 따라 개방 또는 단락되는 부분을 파악하고,

V_g -결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 0으로 기존 모선과 추가된 모선을 단락시키고,

Y -결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 무한(infinity)으로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키며,

D -결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 무한으로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키고, D -결선은 접지되는

변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계는,

상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하기 위해 상기 3권선 변압기의 3개의 권선에 대하여 3개의 가상의 모선을 추가하고, 3개의 기존 모선과 추가된 3개의 모선 간에 임피던스 변환을 위해 변압기의 결선에 따라 개방 또는 단락되는 부분을 파악하는

변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법.

청구항 5

고장계산을 수행하기 위한 전력계통 데이터를 입력 받는 입력부;

2권선 변압기와 3권선 변압기를 포함하는 전력계통의 조류계산 및 고장계산 수행 시, 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 변압기 통합부; 및

상기 통합된 변압기에 대한 전력계통의 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크를 표현하는 고장계산 수행부를 포함하고,

상기 변압기 통합부는,

변압기 여부에 따른 복수의 기존 모선 간에 임피던스 변환을 위한 가상의 모선을 추가하고, 고장계산 과정 후 추가된 가상의 모선을 제거함으로써 고장해석 결과에는 도출되지 않도록 하는

변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 변압기 통합부는,

변압기 여부에 따른 복수의 기존 모선과 추가된 모선 간에 임피던스 변환을 위해 변압기의 결선에 따라 개방 또는 단락되는 부분을 파악하고,

Yg-결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 0으로 기존 모선과 추가된 모선을 단락시키고,

Y-결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 무한(infinity)으로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키며,

D-결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 무한으로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키고, D-결선은 접지되도록 하는

변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 변압기 통합부는,

상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하기 위해 상기 3권선 변압기의 3개의 권선에 대하여 3개의 가상의 모선을 추가하고, 3개의 기존 모선과 추가된 3개의 모선 간에 임피던스 변환을 위해 변압기의 결선에 따라 개방 또는 단락되는 부분을 파악하는

변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법 및 시스템에 관한 것이다.

[0002] 과제번호: 71201-1

[0003] 부처명: 한국전력공사

[0004] 연구관리전문기관: 공기업

[0005] 사업명: 사외공모 기초연구

- [0006] 과제명: 3상 불평형 배전망 하모닉 해석 알고리즘 개발(2차년도)
- [0007] 사업기간: 2023-06-01~2024-05-31
- [0008] 주관기관: 인하대학교

배 경 기 술

- [0009] 전력계통은 전력을 생산하는 생산자로부터 전력을 소비하는 소비자에게 전기를 공급하기 위해 상호 간에 연결된 네트워크를 의미한다. 전력을 생산하는 발전소, 송전을 위해 전압을 높이거나 배전을 위해 전압을 낮추는 변전소, 소비자로부터 멀리 위치한 발전소로부터 소비자 근방에 위치한 변전소까지 전력을 전달하는 송전선로, 개별 소비자를 변전소까지 연결하는 배전선로 등으로 구성된다.
- [0010] 이와 같은 전력계통은 서로 다른 전압의 크기를 맞추고 변경하기 위해서 변압기를 포함한다. 즉, 변압기는 전력계통에서 서로 다른 전압의 크기 간에 전력을 전송하는 데 사용되는 전기 장치이고, 전력계통에는 수많은 변압기가 설치되어 있다.
- [0011] 입력 권선이라고도 하는 1차 권선은 전원에 연결되어 특정 전압 수준에서 전기 에너지를 입력으로 받는다. 출력 권선이라고도 하는 2차 권선은 다른 전압 레벨에서 변환된 전기 에너지를 전달한다. 이와 같은 변압기는 세 개의 모선을 연결하는 3권선 변압기 또는 단순히 두 개의 모선을 연결하는 2권선 변압기 등을 포함한다.
- [0012] 변압기는 전기 에너지의 효율적인 전송 및 분배를 가능하게 하므로 전력계통에서 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 장거리 전송을 위해 전압을 승압하여 손실을 줄이고 소비자에게 안전한 분배를 위해 강압하는 데 사용될 수 있다.
- [0013] 전력계통에서 외란이나 고장이 발생하지 않고 안정하게 운영되는 상태를 정상상태라고 칭하고, 이때의 전력 조류 및 전압의 크기와 위상을 계산하는 것을 전력계통 조류계산이라 칭한다. 정상상태의 전력계통에서 고장(예를 들어, 1선 지락고장 및 3상 단락고장)이 발생하면 고장으로 인해 전력의 흐름이 정상상태를 벗어나게 되고 계통 내에 큰 변동이 발생하므로 고장 후 계통의 조류를 확인하고 분석하는 과정이 필요하다.
- [0014] 전력계통에서 고장해석이란 계통 내에서 발생하는 고장에 따른 계통의 과도반응을 시간에 따라 조사하거나, 고장이 발생한 직후 계통의 전압 등 수준 등을 조사하는 방식이 포함될 수 있다.
- [0015] 전력계통의 고장해석을 통해, 고장이 발생한 동안 고장으로 인한 과급이 어떠한지 분석하고 계통의 안정적 운영이 가능한지 검토할 수 있다. 그리고 고장으로 인한 불안정성과 연쇄적 고장 발생 가능성을 검토할 수 있다. 또한, 고장으로 인한 시스템의 보호 협조를 구성하는 데 고장해석의 결과가 사용될 수 있다.
- [0016] 보호 협조란 고장 조건에서 선택성과 신뢰성을 보장하기 위해 전력계통에서 보호장치의 작동 특성 및 시간-전류 특성곡선(Time Current Characteristic Curve)을 적절하게 설정하는 프로세스를 의미한다. 여기에는 보호 계전기 및 회로 차단기의 트립 특성을 조정하여 시스템의 정상 부분에 대한 전원 공급을 유지하면서, 고장으로 인해 결함이 있는 부분을 격리하는 작업이 포함된다. 보호 협조의 목표는 불필요한 시스템 중단 없이 효율적인 고장 제거를 통해 안전을 보장하는 것이다.
- [0017] 전력계통에서 발생할 수 있는 고장은 크게 1선 지락고장, 2선 지락고장, 선간 단락고장 및 3상 단락고장으로 구분할 수 있음. 3상 전력계통에서 발생할 수 있는 고장은 1선 지락고장, 선간 단락고장, 2선 지락고장 및 3상 단락고장 순으로 빈도를 가진다.
- [0018] 이때, 고장 발생 지점에서의 고장 임피던스는 접촉상태에 따라 0 또는 어떤 일정한 값을 가질 수 있다. 또한, 단락회로와 다른 형태의 고장으로서선로가 끊어지거나 차단기가 비고의적으로 개방되는 고장이 있다.
- [0019] 전력계통의 고장해석을 위해, 전력계통의 대칭 성분을 이용해 시퀀스 맵을 그리고 옴에 법칙에 기인하여 고장전류와 고장전압을 계산할 수 있다.
- [0020] 1918년 C. L. Fortescue에 의해 처음 개발된 대칭 성분법은 불평형 3상 계통을 해석하기 위한 강력한 기법이다. Fortescue는 3상의 abc상을 대칭성분이라 불리는 또 다른 3개의 새로운 성분의 선형 결합으로 정의하였다.
- [0021] 이 변환의 장점은 평형 3상 계통을 대칭성분 회로(sequence networks)라고 지칭되는 3개의 분리된 대칭 성분 등가회로로 표현할 수 있다는 점이다. 또한, 불평형 3상 계통의 경우, 분리된 3개의 대칭 성분 회로는 불평형이 발생한 해당 계통 지점에서만 연결된다. 따라서, 대칭 성분 회로를 이용하면 불평형이 발생한 다양한 3상 계통

을 비교적 쉽게 해석할 수 있다.

- [0022] 대칭 성분법은 기본적으로 3상 계통을 시스템적으로 해석하고 설계할 수 있는 모델링 기법이다. 복잡한 3상 전력계통을 단순한 3개의 대칭성분 회로로 분리하는 작업은 복잡한 현상을 보다 단순한 형태로 나타내준다는 특징이 있다. 분리된 대칭 성분 회로를 통해 얻어진 해결 결과는 다시 결합되어 3상 전력계통에서의 결과값으로 구할 수 있다.
- [0023] 고장해석을 통한 안정성 평가 및 분석을 위해, 다양한 고장해석 알고리즘이 개발되고 다양한 전력계통에 대해 해당 알고리즘의 성능을 검증 및 분석해왔다. 슬랙 모션 또는 발전기 모션으로 시작해서, 선로 및 부하로 연결되는 단순한 구조의 계통에 대해서 고장해석이 가능한 많은 알고리즘이 있었다. 전력계통에 필수적인 변압기의 설치에 있어서, 다양한 알고리즘에 변압기의 원리를 반영해왔다.
- [0024] 초반에는 1차 측과 2차 측을 가지는 2권선 변압기를 고장해석 알고리즘에 적용하기 위해 자체적인 함수를 개발하여 알고리즘을 보완함으로써, 발전기, 선로, 부하, 2권선 변압기를 처리할 수 있는 강건한 알고리즘이 보편화되었다. 즉, 변압기는 일반적인 선로와 달리 전압을 바꾸거나 탭이 바뀌거나, 위상이 바뀌는 특징을 가진다. 이러한 변압기의 특성을 고려하기 위해 변압기가 있는지 확인하고 이를 반영해주는 알고리즘을 개발함으로써 2권선 변압기를 처리하였다.
- [0025] 그러나 3권선 변압기는 2권선 변압기와 구조가 다르기 때문에 지금까지의 방식과는 다른 추가적인 보완이 필요하다. 또한, 해당 보완을 적용했을 때, 고장전류 및 고장전압의 크기가 정확하게 계산되어야 하고, 해당 기술은 3권선 변압기뿐만 아니라 2권선 변압기에도 적용될 수 있어야 한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0026] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2023-0102304호 (2023.07.07)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0027] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 3권선 변압기에 대해 적용하지 못했던 종래기술들을 보완하여 2권선 변압기와 더불어 3권선 변압기의 결선에 따른 영상분 네트워크의 구성을 자동화하기 위해 임피던스를 조정하는 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법 및 시스템을 제공하는데 있다. 또한, 3권선 변압기의 1차, 2차, 3차 측을 세 개의 2권선 변압기로 바꾸어 통합함으로써, 3권선 변압기에 대한 별도의 알고리즘 모델링 없이 2권선 변압기의 알고리즘을 이용할 수 있는 방법 및 시스템을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0028] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법은 입력부를 통해 고장계산을 수행하기 위한 전력계통 데이터를 입력 받는 단계, 2권선 변압기와 3권선 변압기를 포함하는 전력계통의 조류계산 및 고장계산 수행 시, 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계 및 고장계산 수행부를 통해 상기 통합된 변압기에 대한 전력계통의 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크를 표현하는 단계를 포함한다.
- [0029] 상기 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계는 변압기 여부에 따른 복수의 기존 모선 간에 임피던스 변환을 위한 가상의 모선을 추가하고, 고장계산 과정 후 추가된 가상의 모선을 제거함으로써 고장해석 결과에는 도출되지 않도록 한다.
- [0030] 상기 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계는 변압기 여부에 따른 복수의 기존 모선과 추가된 모선 간에 임피던스 변환을 위해 변압기의 결선에 따라 개방 또는 단락되는 부분을 파악하고, Yg-결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 0으로 기존 모선과 추가된 모선을 단락시키고, Y-결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 무한

(infinity)으로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키며, D-결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 무한으로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키고, D-결선은 접지된다.

[0031] 상기 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계는 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하기 위해 상기 3권선 변압기의 3개의 권선에 대하여 3개의 가상의 모선을 추가하고, 3개의 기존 모선과 추가된 3개의 모선 간에 임피던스 변환을 위해 변압기의 결선에 따라 개방 또는 단락되는 부분을 파악한다.

[0032] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템은 고장계산을 수행하기 위한 전력계통 데이터를 입력 받는 입력부, 2권선 변압기와 3권선 변압기를 포함하는 전력계통의 조류계산 및 고장계산 수행 시, 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 변압기 통합부 및 상기 통합된 변압기에 대한 전력계통의 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크를 표현하는 고장계산 수행부를 포함한다.

발명의 효과

[0033] 본 발명의 실시예들에 따른 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법 및 시스템을 통해 3권선 변압기에 대해 적용하지 못했던 종래기술들을 보완하여 2권선 변압기와 더불어 3권선 변압기의 결선에 따른 영상분 네트워크의 구성을 자동화하기 위해 임피던스를 조정할 수 있다. 또한, 3권선 변압기의 1차, 2차, 3차 측을 세 개의 2권선 변압기로 바꾸어 통합함으로써, 3권선 변압기에 대한 별도의 알고리즘 모델링 없이 2권선 변압기의 알고리즘을 이용함으로써 비교적 간단한 방법을 통한 기술 개발을 통해, 향후 다른 알고리즘에도 쉽게 적용할 수 있도록 접근성 및 확장성을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 2권선 변압기가 있는 전력계통을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 3권선 변압기가 있는 전력계통을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3권선 변압기를 3개의 2권선 변압기로 대체하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명에서 제안하는 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법에 있어서 2권선 및 3권선 변압기 통합 및 임피던스 변환 방식을 이용하면, 전력계통의 고장해석 알고리즘을 구성할 때 변압기의 종류와 관계없이 한 번의 처리 과정을 통해 해석 결과를 도출할 수 있다. 제안하는 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법은 고장계산 방법을 바꾸는 것이 아니라, 고장계산 처리를 수행하기 전 계통의 구성도를 바꾼다는 점에 초점을 둔다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 다양한 고장해석 방법(예를 들어, 뉴튼-랩슨법, 임피던스 행렬 기반 고장계산법)으로 만들어진 서로 다른 알고리즘에 대해, 고장계산 과정에 들어가기 직전에 대상 기술을 적용한 함수를 거침으로써 쉽게 적용이 가능하며, 알고리즘의 개선이 가능하다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0039] 본 발명에서 제안하는 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법은 다양한 알고리즘을 적용하는 기법으로 달라질 수 있다. 다시 말해, 제안하는 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법은 고장계산 방법을 바꾸는 것이 아니라, 고장계산 처리를 수행하기 전 계통의 구성도를 바꾼다는 점에 초점을 둔다.

- [0040] 본 발명의 실시예에 따른 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법은 입력부를 통해 고장계산을 수행하기 위한 전력계통 데이터를 입력 받는 단계(110), 2권선 변압기와 3권선 변압기를 포함하는 전력계통의 조류계산 및 고장계산 수행 시, 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 단계(120) 및 고장계산 수행부를 통해 상기 통합된 변압기에 대한 전력계통의 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크를 표현하는 단계(130)를 포함한다.
- [0041] 단계(110)에서, 입력부를 통해 고장계산을 수행하기 위한 전력계통 데이터를 입력 받는다. 고장계산을 수행할 전력계통 데이터를 입력 받아(111), 전력계통 데이터를 확인하고, 고장계산을 위한 전처리를 수행한다(112).
- [0042] 단계(120)에서, 2권선 변압기와 3권선 변압기를 포함하는 전력계통의 조류계산 및 고장계산 수행 시, 변압기 통합부를 통해 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합한다.
- [0043] 먼저, 변압기 여부를 확인하고(121), 변압기가 있는 경우 해당 고장계산 기법을 적용하기 위해 2권선 및 3권선 변압기를 통합한 후 임피던스 변환을 수행한다(122).
- [0044] 단계(130)에서, 고장계산 수행부를 통해 상기 통합된 변압기에 대한 전력계통의 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크를 구성한다(130).
- [0045] 상기 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크에 해당 고장계산 기법을 적용하여 고장전압 및 고장전류를 계산하고(131), 고장해석 결과를 출력한다(132).
- [0046] 종래기술에서는 2권선 변압기와 3권선 변압기를 서로 다른 각각의 변압기로 설정하여, 각각에 대해서 다룰 수 있는 함수를(즉, 각각의 알고리즘) 통해 고장해석 알고리즘을 실행해왔다. 즉, 2권선 변압기와 3권선 변압기를 따로 처리하고 있었다.
- [0047] 그러나 본 발명의 실시예에 따르면, 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 2권선 변압기와 다른 구조를 가지는 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하는 방법론을 제안한다. 제안하는 방법을 통해 통합된 변압기에 대해 영상분 네트워크를 구성할 수 있는 임피던스 변환 방법을 제안한다.
- [0048] 본 발명의 실시예에 따르면, 변압기 통합 및 임피던스 변환 방법을 사용하여 2권선 변압기와 3권선 변압기를 독립적인 변압기로 설정함으로써, 새로운 자체적인 변환 및 처리 알고리즘을 개발하는 수고를 덜 수 있다. 더불어, 두 개로 나뉘어서 짜이는 코드를 하나의 코드로 이용할 수 있으므로 알고리즘의 복잡도를 낮추며 단순화시킬 수 있다는 장점을 가진다.
- [0050] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0051] 본 실시예에 따른 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템(200)은 프로세서(210), 버스(220), 네트워크 인터페이스(230), 메모리(240) 및 데이터베이스(250)를 포함할 수 있다. 메모리(240)는 운영체제(241) 및 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 루틴(242)을 포함할 수 있다. 프로세서(210)는 입력부(211), 변압기 통합부(212) 및 고장계산 수행부(213)를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템(200)은 도 2의 구성요소들보다 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 그러나, 대부분의 종래기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다. 예를 들어, 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템(200)은 디스플레이나 트랜시버(transceiver)와 같은 다른 구성요소들을 포함할 수도 있다.
- [0052] 메모리(240)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 또한, 메모리(240)에는 운영체제(241)와 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 루틴(242)을 위한 프로그램 코드가 저장될 수 있다. 이러한 소프트웨어 구성요소들은 드라이브 메커니즘(drive mechanism, 미도시)을 이용하여 메모리(240)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로부터 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체는 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체(미도시)를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 아닌 네트워크 인터페이스(230)를 통해 메모리(240)에 로딩될 수도 있다.

- [0053] 버스(220)는 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템(200)의 구성요소들간의 통신 및 데이터 전송을 가능하게 할 수 있다. 버스(220)는 고속 시리얼 버스(high-speed serial bus), 병렬 버스(parallel bus), SAN(Storage Area Network) 및/또는 다른 적절한 통신 기술을 이용하여 구성될 수 있다.
- [0054] 네트워크 인터페이스(230)는 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템(200)을 컴퓨터 네트워크에 연결하기 위한 컴퓨터 하드웨어 구성요소일 수 있다. 네트워크 인터페이스(230)는 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템(200)을 무선 또는 유선 커넥션을 통해 컴퓨터 네트워크에 연결시킬 수 있다.
- [0055] 데이터베이스(250)는 2권선과 3권선 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화를 위해 필요한 모든 정보를 저장 및 유지하는 역할을 할 수 있다. 도 2에서는 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템(200)의 내부에 데이터베이스(250)를 구축하여 포함하는 것으로 도시하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 시스템 구현 방식이나 환경 등에 따라 생략될 수 있고 혹은 전체 또는 일부의 데이터베이스가 별개의 다른 시스템 상에 구축된 외부 데이터베이스로서 존재하는 것 또한 가능하다.
- [0056] 프로세서(210)는 기본적인 산술, 로직 및 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템(200)의 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(240) 또는 네트워크 인터페이스(230)에 의해, 그리고 버스(220)를 통해 프로세서(210)로 제공될 수 있다. 프로세서(210)는 입력부(211), 변압기 통합부(212) 및 고장계산 수행부(213)를 위한 프로그램 코드를 실행하도록 구성될 수 있다. 이러한 프로그램 코드는 메모리(240)와 같은 기록 장치에 저장될 수 있다.
- [0057] 입력부(211), 변압기 통합부(212) 및 고장계산 수행부(213)는 도 1의 단계들(110~130)을 수행하기 위해 구성될 수 있다.
- [0058] 변압기의 결선에 따른 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 시스템(200)은 입력부(211), 변압기 통합부(212) 및 고장계산 수행부(213)를 포함할 수 있다.
- [0059] 본 발명의 실시예에 따른 입력부(211)는 고장계산을 수행하기 위한 전력계통 데이터를 입력 받는다.
- [0060] 본 발명의 실시예에 따른 변압기 통합부(212)는 2권선 변압기와 3권선 변압기를 포함하는 전력계통의 조류계산 및 고장계산 수행 시, 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하고, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 상기 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합한다.
- [0061] 본 발명의 실시예에 따른 변압기 통합부(212)는 변압기 여부에 따른 복수의 기존 모선 간에 임피던스 변환을 위한 가상의 모선을 추가하고, 고장계산 과정 후 추가된 가상의 모선을 제거함으로써 고장해석 결과에는 도출되지 않도록 한다.
- [0062] 본 발명의 실시예에 따른 변압기 통합부(212)는 변압기 여부에 따른 복수의 기존 모선과 추가된 모선 간에 임피던스 변환을 위해 변압기의 결선에 따라 개방 또는 단락되는 부분을 파악한다.
- [0063] 본 발명의 실시예에 따른 변압기 통합부(212)는 Yg-결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 0으로 기존 모선과 추가된 모선을 단락시키고, Y-결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 무한(infinity)으로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키며, D-결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 무한으로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키고, D-결선은 접지되도록 한다.
- [0064] 본 발명의 실시예에 따른 고장계산 수행부(213)는 상기 통합된 변압기에 대한 전력계통의 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크를 표현한다.
- [0065] 제안하는 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법은 고장계산 방법을 바꾸는 것이 아니라, 고장계산 처리를 수행하기 전 계통의 구성도를 바꾼다는 점에 초점을 둔다.
- [0066] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 다양한 고장해석 방법(예를 들어, 뉴튼-랩슨법, 임피던스 행렬 기반 고장계산법)으로 만들어진 서로 다른 알고리즘에 대해, 고장계산 과정에 들어가기 직전에 대상 기술을 적용한 함수를 거침으로써 쉽게 적용이 가능하며, 알고리즘의 개선이 가능하다.
- [0068] 본 발명의 실시예에 따르면, 2권선 변압기와 3권선 변압기를 포함하는 전력계통의 조류계산 및 고장 계산 수행 시, 2권선 변압기에 비해 복잡한 3권선 변압기 처리 알고리즘을 추가로 개발할 필요가 없이 2권선 변압기로 대체하는 방법론을 제안한다.

- [0069] 즉, 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하여, 변압기 임피던스 계산 시 새로운 접근 방식을 고안하며, 알고리즘의 복잡도를 낮추는 방법을 제안한다.
- [0070] 본 발명의 실시예에 따르면, 3권선 변압기를 2권선 변압기로 대체 및 통합하는 과정에서 Y_g -결선 추가 기술에 대한 아이디어를 제안하고, 이를 통해 원활한 고장 계산 수행이 가능하다.
- [0071] 본 발명의 실시예에 따른 Y_g -결선 추가 기술을 적용한 조류계산 및 고장 계산 알고리즘의 프로세스를 제안하고, 시퀀스 네트워크를 이용해 원리를 증명하였다.
- [0072] 본 발명의 실시예에 따른 전력계통의 시퀀스 네트워크의 임피던스를 계산할 때, 수기 계산법과 컴퓨터 프로그램 (예를 들어, MATLAB) 기반 알고리즘에 기반한 계산법의 결과가 같음을 검증하여 고장계산 컴퓨터 프로그램용 자동화 방법의 정확도를 검증하였다.
- [0073] 본 발명의 실시예에 따르면, 2권선 변압기와 3권선 변압기의 고장 해석을 진행할 때, 가상의 모선과 버스를 삽입하여 전력계통의 영상분, 정상분, 역상분 시퀀스 네트워크를 정확하게 표현하는 방법과 이를 컴퓨터 프로그램 등을 통해 구현하는 모든 형태의 방법과 그 개념을 대상으로 한다.
- [0074] 본 발명의 실시예에 따르면, 2권선과 3권선 변압기를 포함하는 전체 전력계통의 시퀀스 네트워크를 통해 전체 고장 임피던스를 정확하게 계산할 수 있다. 이는 고장전류를 정확하게 계산할 수 있다는 의미이고, 전력 계통에 흐르는 고장 전류의 흐름 혹은 조류의 흐름을 정확하게 계산할 수 있고, 이를 컴퓨터 프로그램에 적용할 수 있다.
- [0075] 먼저, 3권선 변압기를 2권선 변압기로 통합하기 위해 각각의 변압기의 특성을 이해할 필요가 있다. 2권선 변압기와 3권선 변압기의 공통점을 분석하기 위해서, 각각의 변압기의 시퀀스 네트워크의 구성을 이해할 필요가 있다.
- [0077] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 2권선 변압기가 있는 전력계통을 설명하기 위한 도면이다.
- [0078] 도 3(a)는 2권선 변압기의 단일 선로 다이어그램이다.
- [0079] 도 3(a)와 같이, 1차 측(Primary bus)과 2차 측(Secondary bus) 사이에 2권선 변압기가 있는 전력계통을 가정하였다. 이때, 변압기의 1차와 2차 측의 결선은 표 1에 나타난 바와 같이, 변압기는 Y_g -, Y -, D -결선을 조합하여 만들어질 수 있다.
- [0080] <표 1>

1차 측	2차 측
Y_g	Y_g
Y_g	Y
Y	Y
Y_g	D
D	Y
D	D

- [0081]
- [0083] 도 3(b)는 2권선 변압기의 결선에 따른 임피던스 조정을 위한 두 개의 모선을 추가한 도면이다.
- [0084] 도 3(b)는 도 3(a)의 네트워크에 대한 영상분 네트워크의 구조를 나타낸다. 본 발명에서 제안하고자 하는 바는 도 3(b)와 같이 변압기의 두 개의 모선(Primary bus와 Secondary bus) 사이에 새로운 두 개의 모선을 추가하는 방식이다. 이와 같은 적용은 영상분 네트워크로 한정하며, 정상분 및 역상분 네트워크와는 관련이 없다. 도 3(b)에 +1이라고 표시된 모선을 '추가된 1번 모선'이라 하고, +2라고 표시된 모선을 '추가된 2번 모선'이라고 명명한다. 여기서 추가된 모선은 임피던스 변환을 위해 본 발명에서 설정한 가상의 모선으로서, 계산 과정 후 제거함으로써 고장해석 결과에는 도출되지 않는다.
- [0085] 도 3(b)에서, Z_{t1} 은 Primary 모선과 추가된 1번 모선 사이의 임피던스를 의미한다. Z_{t2} 는 Secondary 모선과 추가된 2번 모선 사이의 임피던스를 의미한다.
- [0086] Z_{t1} 은 2권선 변압기의 1차 측 결선의 종류가 무엇인지에 의해 값이 결정되고, Z_{t2} 는 변압기의 2차 측 결선의 종류

가 무엇인지에 의해 값이 결정된다. 즉, Z_{t1} 과 Z_{t2} 는 각각 변압기의 1차 측과 2차 측에 의해 결정되는 값이고, 개방 또는 단락을 의미하여 inf (무한) 또는 zero (영)의 값을 가진다.

표 2는 Y_g -, Y -, D -결선의 영상분 임피던스 원리를 정리한다.

<표 2>

변압기 결선	영상분 연결 임피던스
Y_g	Zero (단락)
Y	Inf (개방)
D	Inf (개방)

표 2에 나타난 것처럼, Y_g -결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 0으로 기존 모선과 추가된 모선을 단락시키면 된다. Y -결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 Inf로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키면 된다. D -결선의 경우 영상분 연결 임피던스가 Inf로 기존 모선과 추가된 모선을 개방시키면 된다. 여기서, Y -결선과 D -결선의 차이점은 ground (접지)로 연결이 되는지에 대한 여부가 따른다. D -결선은 기존 모선과 추가된 모선 사이의 임피던스가 Inf라서 개방된다는 점은 Y -결선과 같지만, 접지된다는 점에서 Y -결선과 차이가 있다.

표 3은 9가지 종류의 2권선 변압기의 임피던스와 접지 정보를 요약하여 정리한다.

<표 3>

변압기		Z_{t1}	Z_{t2}	Grounding	
1차 측	2차 측			1차 측	2차 측
Y_g	Y_g	Zero	Zero	-	-
Y_g	Y	Zero	Inf	-	-
Y_g	D	Zero	Inf	-	접지
Y	Y_g	Inf	Zero	-	-
Y	Y	Inf	Inf	-	-
Y	D	Inf	Inf	-	접지
D	Y_g	Inf	Zero	접지	-
D	Y	Inf	Inf	접지	-
D	D	Inf	Inf	접지	접지

예를 들어, Y_g - Y_g 변압기일 경우, 영상분 연결에 끊어짐이 없어 영상분 전류가 흐를 수 있다. 그러나 예를 들어 D - D 변압기일 경우, 양쪽의 영상분이 모두 끊어지고 양쪽이 모두 접지된다. 이 경우에는 영상분 전류가 흐를 수 없으나 접지로 인해 경우에 따라 순환 전류가 흐를 수 있다.

도 3(c)는 2권선 변압기를 가지는 4-모선 시스템의 단일 선로 다이어그램이다.

변압기 결선에 따른 영상분 네트워크의 구성을 나타내기 위해 간단한 4-모선 시스템을 분석하고자 한다. 도 3(c)는 네 개의 모선을 가진 간단한 방사형 시스템이다. 도 3(c)의 계통에 대한 간단한 설명은 다음과 같다. 1번 모선에 슬랙이 연결되어 있다. 1번 모선과 2번 모선은 Z_{1-2} 의 임피던스로 연결되어 있다. 2번 모선과 3번 모선 사이에는 2권선 변압기가 있다. 3번 모선과 4번 모선은 Z_{3-4} 의 임피던스로 연결되어 있다. 4번 모선에는 부하가 연결되어 있다.

도 3(d)는 변압기 종류에 따른 영상분 네트워크 나타내는 도면이다.

도 3(d)는 D -결선에 대한 이해를 위해, 도 3(b)의 2번 모선과 3번 모선 사이의 변압기가 D - D (310), Y_g - D (320), D - Y_g (330)일 때, 계통의 영상분 네트워크를 나타낸 것이다. 변압기 종류와 관계없이, 2권선 변압기가 있을 때 추가로 두 개의 모선이 생성된다. 이러한 모선은 임피던스 변환 및 처리를 위한 모선을 가정하고 추후 제거된다. 따라서, 모선 2와 모선 3 사이에 가상의 모선 5번과 6번이 생성된다. 그리고, 여기서 Z_{t1} 은 모선 2와

모선 5 사이의 임피던스이고, Z_{t2} 는 모선 6과 모선 3 사이의 임피던스이다.

- [0101] 먼저, D-D 변압기(310)일 경우, 1차 측과 2차 측이 모두 D-결선이므로 모선 2와 모선 5 사이의 임피던스인 Z_{t1} 과 모선 6과 모선 3 사이의 임피던스인 Z_{t2} 는 Inf로 개방된다. 그리고 5번과 6번 모선이 접지된다.
- [0102] 다음으로 Yg-D 변압기(320)일 경우, 1차 측이 Yg-결선이므로 Z_{t1} 이 Zero가 되어 단락되고, 2차 측의 D-결선은 위의 설명과 동일하다.
- [0103] 마지막으로, D-Yg 변압기(330)의 경우, Yg-D 변압기의 원리를 1차 측과 2차 측에 반대로 반영하면 도 3(d)의 시퀀스 네트워크를 구성할 수 있다.
- [0105] 다음으로, 3권선 변압기의 영상분 네트워크의 구성을 이해하고, 2권선 변압기와 3권선 변압기 사이의 공통점을 파악한다.
- [0106] 2권선 변압기는 1차 측과 2차 측이 존재하고 그 둘 사이의 전압 및 위상을 변화시킨다. 3권선 변압기는 1차 측, 2차 측과 더불어 3차 측이 있고 총 3개의 모선을 연결한다. 따라서, 3개의 모선에 대한 3개의 전압이 존재하고 1, 2, 3차 측에서 정의되는 전압을 High, Medium, Low Voltage로 명명할 수 있다.
- [0107] 3권선 변압기는 2권선 변압기보다 1개의 모선이 더 연결되어 총 3개의 모선과 관련되어 있기 때문에, 이 특성을 전력계통 알고리즘에 적용하기 위해서 보통 2권선 변압기와 3권선 변압기의 처리 부분을 분리하곤 한다.
- [0108] 그러나 3권선 변압기와 2권선 변압기를 구분하기 위해 새로운 알고리즘 및 함수를 만드는 것은 복잡하고 시간 소모적일 수 있다. 또한, 전체적으로 알고리즘의 복잡도를 높일 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 3권선 변압기의 개념과 원리를 2권선 변압기로 대체할 수 있는 방안을 제안한다.
- [0110] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 3권선 변압기가 있는 전력계통을 설명하기 위한 도면이다.
- [0111] 도 4(a)는 3권선 변압기의 단일 선로 다이어그램이다.
- [0112] 3권선 변압기는 한 개의 철심에 3개의 권선이 감긴 형태를 가지고 있다. 도 4(a)에 나타난 바와 같이, 각 권선을 1차(Primary bus), 2차(Secondary bus), 3차(Tertiary bus)로 나눌 수 있다.
- [0114] 도 4(b)는 3권선 변압기의 등가회로이다.
- [0115] 도 4(a)의 3권선 변압기를 도 4(b)의 단순한 등가회로로 표현할 수 있다. 그러나 이러한 등가회로는 영상 시퀀스 네트워크에 적용되지 않는다. 영상 시퀀스 네트워크는 이전의 2권선 변압기처럼 변압기의 결선에 따라 개방 또는 단락되는 부분이 있고 이를 고려해야 정확한 고장해석이 가능하다.
- [0116] 따라서, 2권선 변압기에 적용했던 것처럼 3권선 변압기도 가상의 모선을 추가함으로써 임피던스를 고려해줄 필요가 있다.
- [0118] 도 4(c)는 3권선 변압기의 결선에 따른 임피던스 조정을 위한 세 개의 모선을 추가한 도면이다.
- [0119] 2권선 변압기에서는 변압기 1개당 2개의 권선을 가지고, 따라서 2개의 가상의 모선이 추가되었다. 3권선 변압기는 도 4(c)와 같이 변압기 1개당 3개의 권선을 가지므로 3개의 가상의 모선이 추가된다.
- [0120] 우선, 도 4(c)에서 Z_p , Z_s , Z_t 는 1, 2, 3차 측의 변압기 임피던스를 의미한다. 그리고 도 4(c)의 Z_{t1} 은 1차 측 모선과 추가된 1번 모선 사이의 영상분 임피던스, Z_{t2} 는 2차 측과 추가된 2번 모선 사이의 영상분 임피던스, Z_{t3} 는 3차 측과 추가된 3번 모선 사이의 영상분 임피던스를 의미한다. Z_{t1} , Z_{t2} , Z_{t3} 의 크기도 Zero 또는 Inf로 영상분 네트워크가 단락되었는지 개방되었는지를 결정하는 요소이다.
- [0121] 3권선 변압기도 2권선 변압기와 동일하게 Yg-결선일 경우, n차 측과 추가된 모선 사이의 임피던스가 Zero로 단락을 의미한다. Y-결선일 경우, n차 측과 추가된 모선 사이의 임피던스가 Inf로 개방을 의미한다. D-결선일 경우, n차 측과 추가된 모선 사이의 임피던스가 Inf로 개방을 의미하고, 추가로 대지로 접지된다.
- [0123] 도 4(d)는 3권선 변압기 예시의 예시를 나타내는 도면이다.
- [0124] 도 4(d)는 1차, 2차, 3차 측이 각각 Y-, Yg-, D-결선으로 구성된 3권선 변압기의 단일 선로 다이어그램이다. 도 4(c)의 3권선 변압기의 영상분 네트워크의 구조를 분석함으로써 본 발명의 원리를 이해할 수 있다.

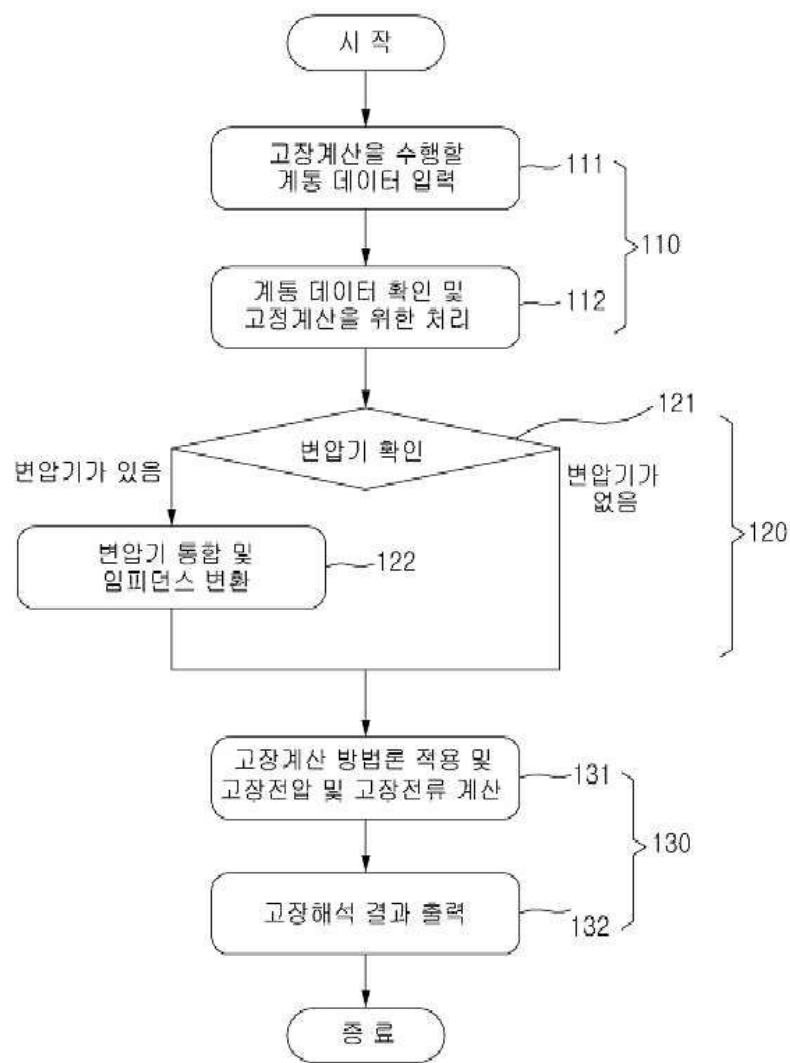
- [0126] 도 4(e)는 3권선 변압기의 영상분 네트워크의 단일 선로 다이어그램이다.
- [0127] 변압기의 영상분 특성을 고려하여, 도 4(d)의 영상분 네트워크를 그려 나타내면 도 4(e)와 같다. 3권선 변압기의 1차 권선이 Y-결선이므로, 1차 측과 추가된 1번 모선 사이는 개방 회로 처리된다. 3권선 변압기의 2차 측과 추가된 2번 모선 사이는 Yg-결선이므로, 2차 측과 추가된 1번 모선 사이는 단락 회로로 처리된다. 3권선 변압기의 3차 측과 추가된 3번 모선 사이는 D-결선이므로, 3차 측과 추가된 3번 모선 사이는 단락 회로 처리되며, 추가된 3번 모선은 접지된다. 이와 같은 내용은 모두 도 4(e)에 도시되었다.
- [0128] 이와 같이, 2권선 변압기와 3권선 변압기에 대해서, 변압기 결선 정보에 따른 영상분 네트워크의 구성 및 회로도의 원리에서 알 수 있듯, 3권선 변압기는 2권선 변압기와 구성만 차이가 있을 뿐 영상분 네트워크를 처리할 때 동일한 원리들이 적용되었다. 즉, 전력계통의 고장해석에 영향을 미치는 변압기의 영상분 네트워크는 권선에 따른 형태의 차이보다 어떤 결선을 가지고 있는지가 크게 영향을 미치는 것이다.
- [0129] 따라서, 본 발명은 2권선 변압기와 3권선 변압기를 동일 시 할 수 있는 방법론을 제안하고자 한다. 제안하는 방법은 Yg-결선을 이용하는 것이다. Yg-결선은 앞서 설명된 바와 같이, 영상분 네트워크를 구성할 때 임피던스가 0이다. 즉, Yg-결선이 있는 경우와 없는 경우는 영상분 네트워크에 영향을 미치지 않는다는 것이다. 즉, 본 발명은 1차 측, 2차 측, 3차 측이 만나는 중간 지점을 중간점(Middle point)로 명명한다. 그리고 중간점을 기준으로 3권선 변압기를 3개의 2권선 변압기로 대체하는 방법론을 제안하고자 한다.
- [0131] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3권선 변압기를 3개의 2권선 변압기로 대체하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0132] 도 5(a)는 3개의 2권선 변압기로 변경된 3권선 변압기의 예시를 나타내는 도면이다.
- [0133] 본 발명에서 제안하고자 하는 Yg-결선 이용법을 통해 도 4(d)의 변압기 결선을 변형하면 도 5(a)과 같이 나타낼 수 있다.
- [0134] 도 5(b)는 중간점을 표현한 3권선 변압기 변형을 나타내는 도면이다.
- [0135] 도 5(b)의 변압기의 중간점을 표시된 M이라고 할 때, 결선도에서 총 3개의 2권선 변압기를 볼 수 있다. M점을 기준으로 도 5(b)의 구성은 1차 측이 M점과 연결되는 부분, 2차 측이 M점과 연결되는 부분, 3차 측이 M점과 연결되는 부분으로 나눌 수 있다.
- [0136] 도 5(b)에서, 1차, 2차, 3차 측의 결선은 그대로 유지한 채로 M점과 가까운 안쪽 부분에 Yg-결선을 추가함으로써 도 5(b)의 결선도를 완성할 수 있다. 즉, 3권선 변압기의 1차 측 Y-결선은 2권선 변압기로 바뀔 때, 1차 측 Y-결선을 유지하고 2차 측에 Yg-결선을 붙인다. 3권선 변압기의 2차 측 Yg-결선은 2권선 변압기로 바뀔 때, 2차 측에 연결되고 새롭게 추가되는 Yg-결선은 1차 측에 연결한다. 3권선 변압기의 3차 측 D-결선은 2권선 변압기로 바뀔 때, 2차 측에 연결되고 새롭게 추가되는 Yg-결선을 1차 측에 연결한다.
- [0137] 정리하자면, 3권선 변압기를 3개의 2권선 변압기로 바꿀 때, 먼저 기존의 3권선 변압기의 1, 2, 3차 결선을 구분한다. 그리고 3권선 변압기의 1차 측의 경우에는 2권선 변압기로 바뀔 때 2차 측에 Yg-결선을 추가한다. 3권선 변압기의 2차 측의 경우 2권선 변압기로 바뀔 때, 1차 측에 Yg-결선을 추가한다. 3권선 변압기의 3차 측의 경우 2권선 변압기로 바뀔 때, 1차 측에 Yg-결선을 추가한다. 즉, 3권선 변압기의 1, 2, 3차에 대해 각각 M점에 가까운 위치에 Yg-결선을 추가하는 방식이다.
- [0138] 도 5(c)는 3개의 2권선 변압기로 변환한 3권선 변압기의 영상분 네트워크의 예시를 나타내는 도면이다.
- [0139] 도 5(b)에 도시된 3개의 2권선 변압기로 표현한 3권선 변압기에 대해서 영상분 네트워크를 표현하면 도 5(c)와 같다. 이전에 2권선 변압기에 적용하던 영상분 네트워크에서 변압기 결선에 따른 임피던스 조정 원리를 동일하게 적용해보았을 때, 총 3개의 2권선 변압기에 대해 6개의 구간에 대해 임피던스를 정리할 수 있다. Z_P , Z_S , Z_T 는 1, 2, 3차 측의 변압기 임피던스를 나타낸다.
- [0140] 도 5(c)에서, Z_{t1-1} 과 Z_{t1-2} 는 1차 측과 M점 사이의 Y-Yg 변압기를 영상분으로 표현했을 때 임피던스를 나타낸다. Z_{t1-1} 는 Y-Yg 변압기의 1차 측인 Y-결선에 해당하는 부분의 임피던스로 Inf가 된다. Z_{t1-2} 는 Y-Yg 변압기의 2차 측인 Yg-결선에 해당하는 부분의 임피던스로 zero가 된다. 즉, Z_{t1-1} 부분은 개방되고 Z_{t1-2} 부분은 단락되는 형태의 영상분 회로도를 나타낼 수 있다.

- [0141] 도 5(c)에서, Z_{t2-1} 과 Z_{t2-2} 는 M점과 2차 측 사이의 Yg-Yg 변압기를 영상분으로 표현했을 때 임피던스를 나타낸다. Z_{t2-1} 는 Yg-Yg 변압기의 1차 측인 Yg-결선에 해당하는 부분의 임피던스로 zero가 된다. Z_{t2-2} 는 Yg-Yg 변압기의 2차 측인 Yg-결선에 해당하는 부분의 임피던스로 zero가 된다. 즉, Z_{t2-1} 과 Z_{t2-2} 부분 모두 단락되는 형태의 영상분 회로도를 나타낼 수 있다.
- [0142] 도 5(c)에서, Z_{t3-1} 과 Z_{t3-2} 는 M점과 3차 측 사이의 Yg-D 변압기를 영상분으로 표현했을 때 임피던스를 나타낸다. Z_{t3-1} 는 Yg-D 변압기의 1차 측인 Yg-결선에 해당하는 부분의 임피던스로 zero가 된다. Z_{t3-2} 는 Yg-D 변압기의 2차 측인 D-결선에 해당하는 부분의 임피던스로 Inf가 된다. 또한, D-결선이므로 접지된다는 특징이 있다. 즉, Z_{t3-1} 부분은 단락되고 Z_{t3-2} 부분은 개방 및 접지되는 형태의 영상분 회로도를 나타낼 수 있다.
- [0143] 도 5(c)에서, Y-결선, Yg-결선 및 D-결선으로 구성된 3권선 변압기를 Y-Yg, Yg-Yg, Yg-D의 2권선 변압기로 변형하여 영상분 회로도를 나타냈을 때, 본 발명에서 제안하는 Yg-결선 삽입 및 2권선 변압기로의 변환은 영상분 네트워크에 아무런 영향을 미치지 않는다는 것을 확인할 수 있다.
- [0145] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0146] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0147] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0148] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0149] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한

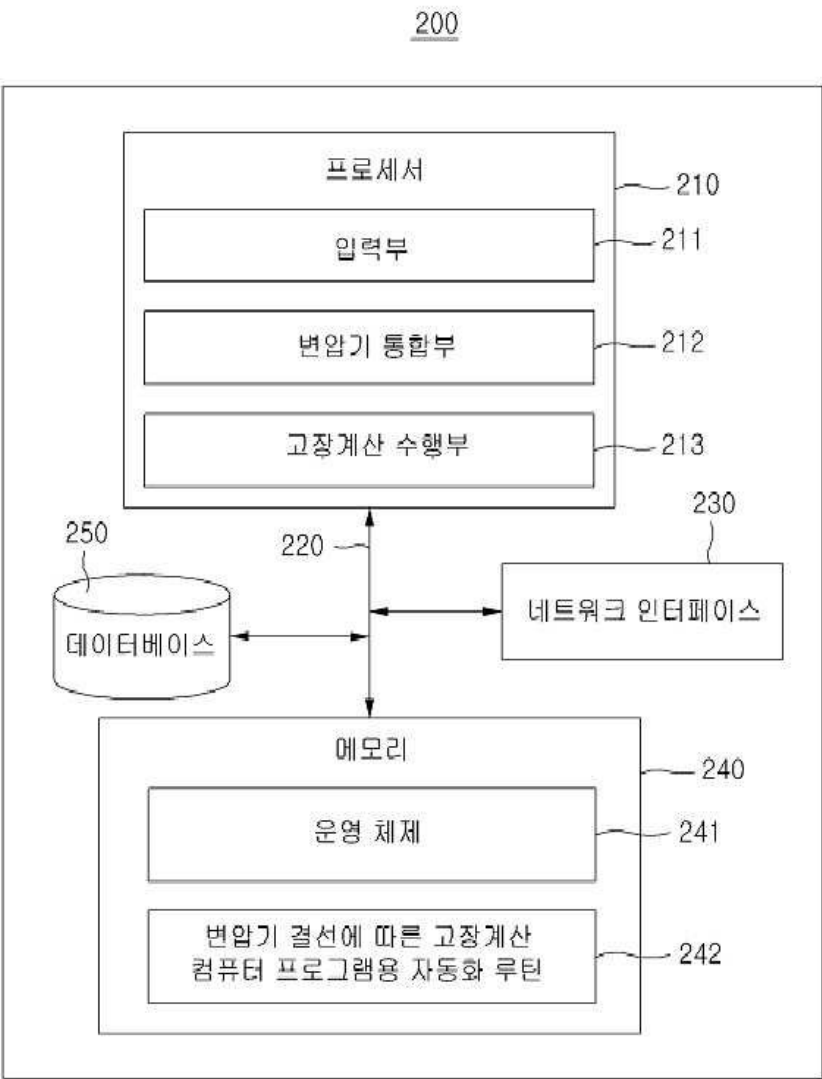
다.

도면

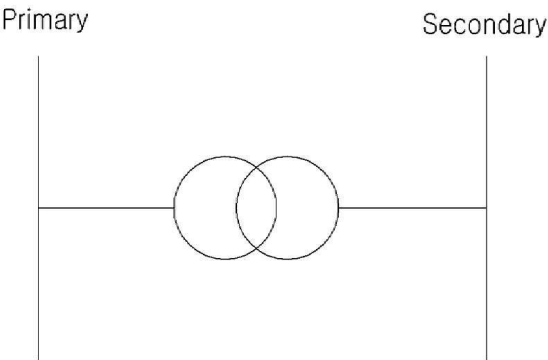
도면1



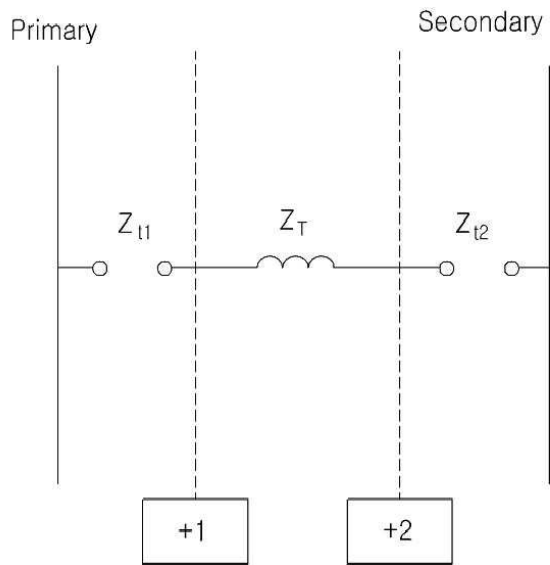
도면2



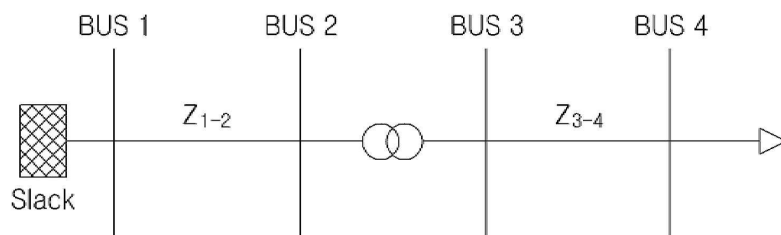
도면3a



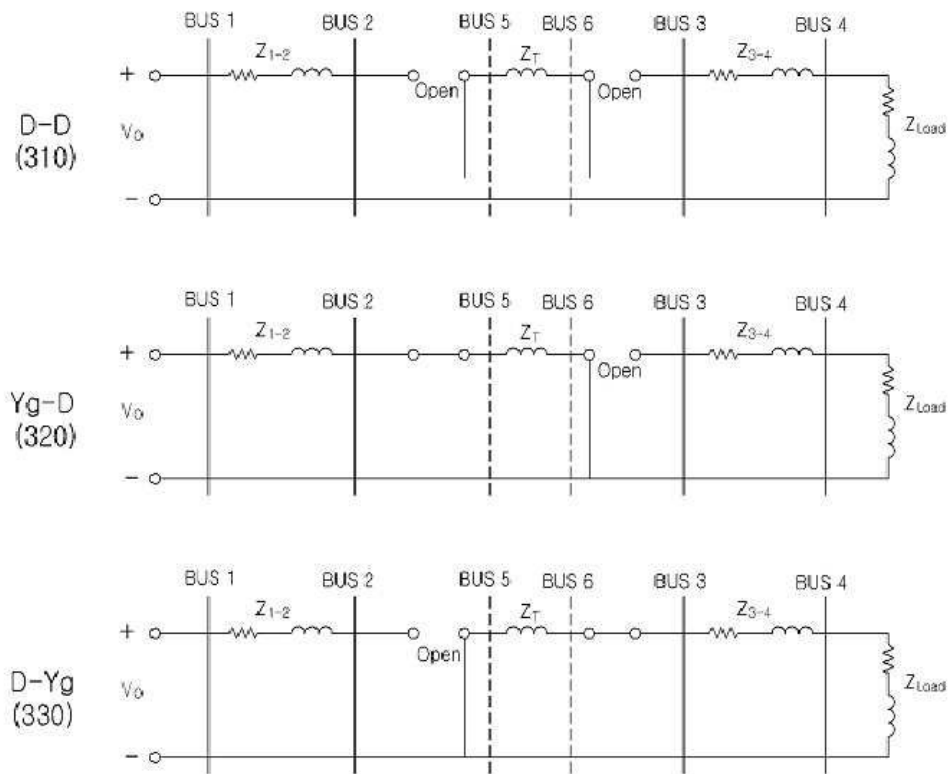
도면3b



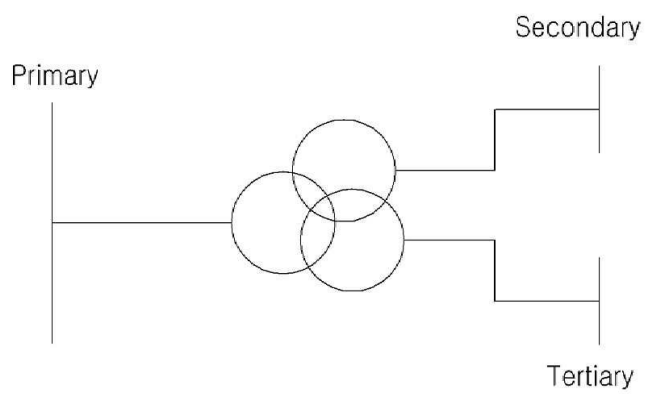
도면3c



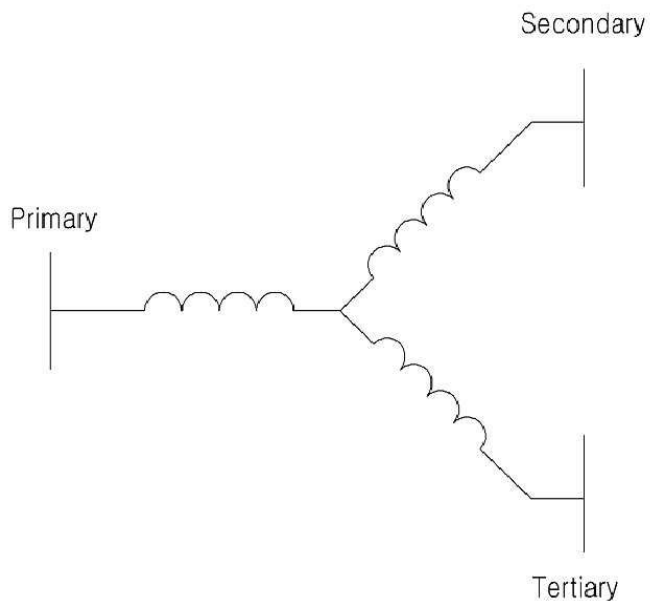
도면3d



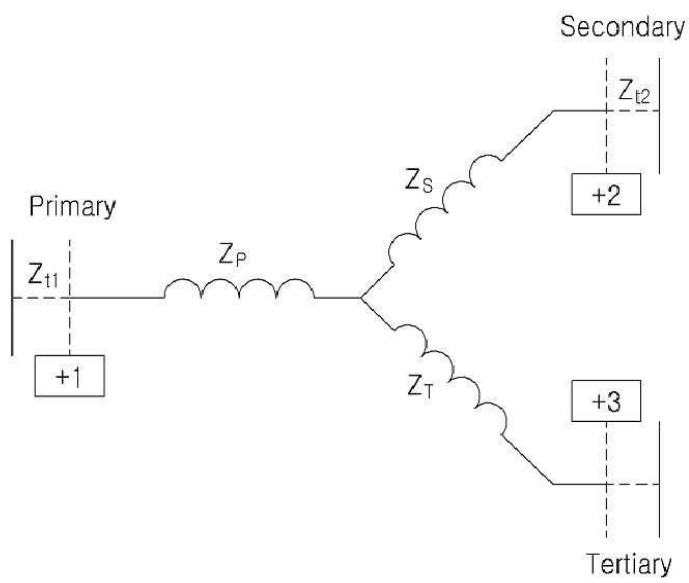
도면4a



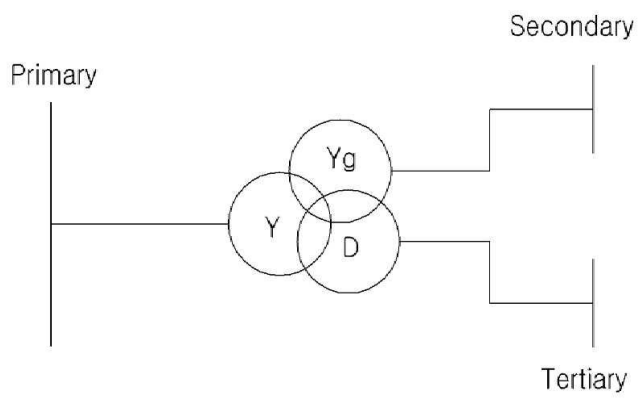
도면4b



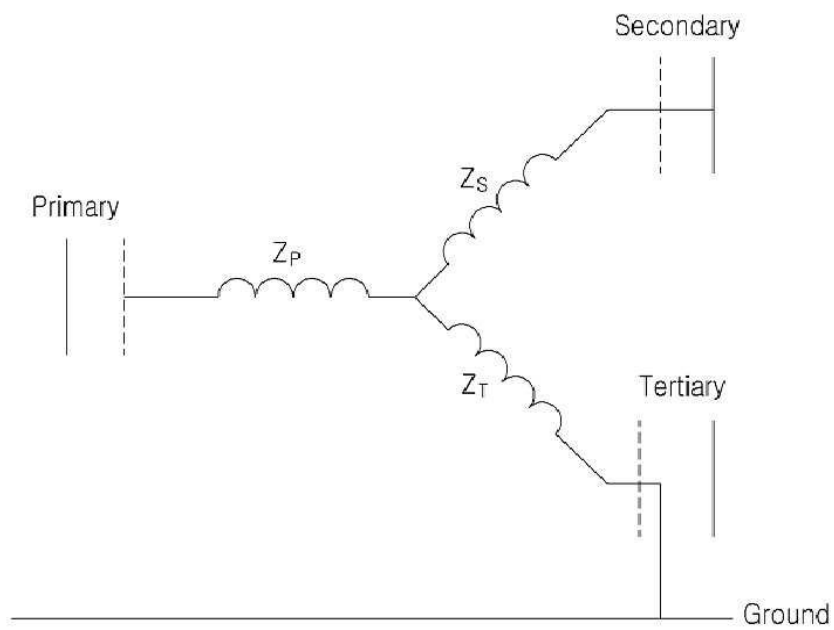
도면4c



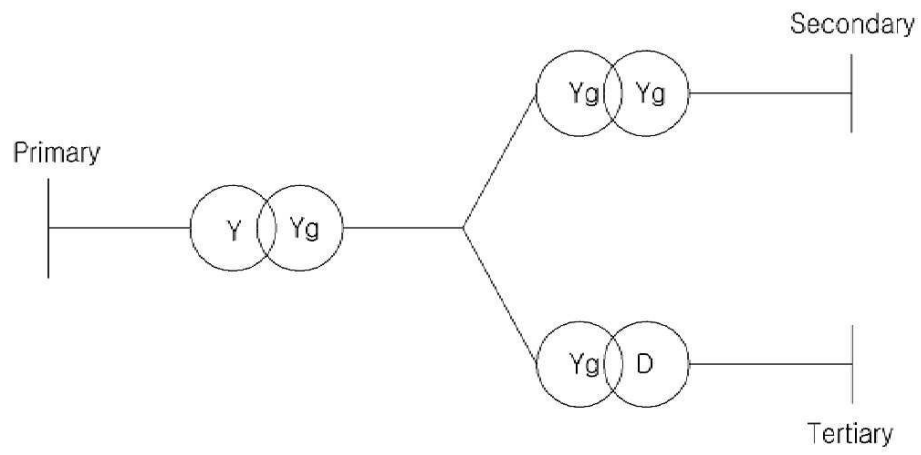
도면4d



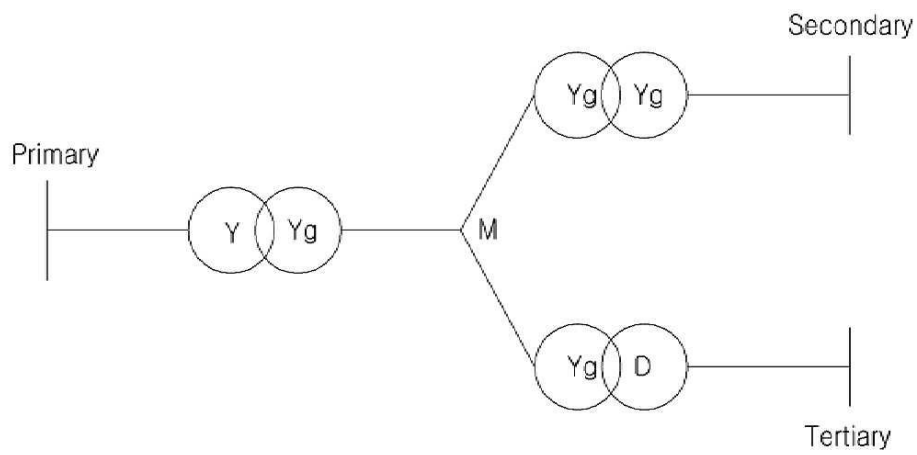
도면4e



도면5a



도면5b



도면5c

