



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0054081
(43) 공개일자 2017년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02H 3/00 (2006.01) G01R 31/08 (2006.01)
H02H 3/40 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02H 3/006 (2013.01)
G01R 31/088 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0156793
(22) 출원일자 2015년11월09일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전기연구원
경상남도 창원시 성산구 불모산로10번길 12 (성주동)
(72) 발명자
송성환
경기도 안양시 동안구 부림로 80, 608동 801호(평촌동, 초원한양아파트)
윤재영
서울특별시 강남구 개포로 516, 606동 902호(개포동, 주공아파트)
(74) 대리인
특허법인충정

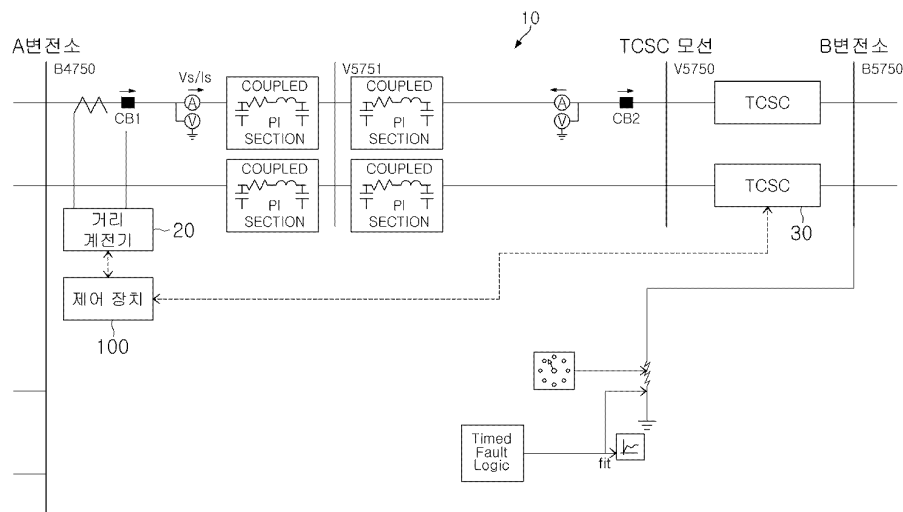
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 TCSC가 포함된 전력 계통의 거리 계전기의 제어 장치 및 방법

(57) 요약

TCSC(Thyristor-Controlled Series Capacitors)가 적용된 전력 계통을 보호하는 거리 계전기의 제어 방법에 있어서, TCSC의 동작 모드를 판단하는 단계; 판단된 동작 모드에 대응하는 기준 설정 값을 획득하는 단계; 및 거리 계전기에 설정된 설정 값이 기준 설정 값과 상이한 경우, 거리 계전기의 설정 값을 기준 설정 값으로 변경하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 본 발명의 일 실시예에 따른 거리 계전기의 제어 방법이 개시된다.

대표도



(52) CPC특허분류

H02H 3/40 (2013.01)

(72) 발명자

이승렬

경기도 안양시 동안구 경수대로 462, 223동 2303
호(호계동, 현대홈타운2차아파트)

이종주

경기도 안양시 동안구 관평로138번길 63, 710동
1208호 (평촌동, 초원부영아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

TCSC(Thyristor-Controlled Series Capacitors)가 적용된 전력 계통을 보호하는 거리 계전기의 제어 방법에 있어서,

상기 TCSC의 동작 모드를 판단하는 단계;

상기 판단된 동작 모드에 대응하는 기준 설정 값을 획득하는 단계; 및

상기 거리 계전기에 설정된 설정 값이 상기 기준 설정 값과 상이한 경우, 상기 거리 계전기의 설정 값을 상기 기준 설정 값으로 변경하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 계전기의 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 TCSC의 동작 모드는,

용량성 리액턴스 부스트 모드인 제 1 모드, TCR (Thyristor-Controlled Reactor) 블록 모드인 제 2 모드, TCR 바이패스 모드인 제 3 모드 및 써킷 브레이커 바이패스 모드인 제 4 모드를 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 계전기의 제어 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

제 1 모드에 대응하는 제 1 기준 설정 값, 제 2 모드에 대응하는 제 2 기준 설정 값, 제 3 모드에 대응하는 제 3 기준 설정 값 및 제 4 모드에 대응하는 제 4 기준 설정 값은,

제 3 기준 설정 값, 제 4 기준 설정 값, 제 2 기준 설정 값 및 제 1 기준 설정 값의 순으로 크기가 감소하는 것을 특징으로 하는 거리 계전기의 제어 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 TCSC는,

서로 간에 병렬로 연결된 싸이리스터, 커패시터, MOV(metal oxide varistor) 및 써킷 브레이커를 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 계전기의 제어 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 TCSC의 동작 모드를 판단하는 단계는,

상기 싸이리스터와 상기 커패시터를 흐르는 전류가 감지되면 상기 TCSC를 제 1 모드로 판단하고,

상기 싸이리스터와 상기 커패시터 중 커패시터로만 흐르는 전류가 감지되면 상기 TCSC를 제 2 모드로 판단하고,

상기 싸이리스터와 상기 커패시터 중 싸이리스터로만 흐르는 전류가 감지되면 상기 TCSC를 제 3 모드로 판단하

고,

상기 써킷 브레이커로 흐르는 전류가 감지되면 상기 TCSC를 제 4 모드로 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 계전기의 제어 방법.

청구항 6

TCSC가 적용된 전력 계통을 보호하는 거리 계전기의 제어 장치에 있어서,

상기 TCSC의 동작 모드를 판단하는 판단부;

상기 판단된 동작 모드에 대응하는 기준 설정 값을 저장하는 메모리; 및

상기 거리 계전기에 설정된 설정 값이 상기 기준 설정 값과 상이한 경우, 상기 거리 계전기의 설정 값을 상기 기준 설정 값으로 변경하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 계전기의 제어 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 TCSC는, 서로 간에 병렬로 연결된 싸이리스터, 커패시터, MOV(metal oxide varistor) 및 써킷 브레이커를 포함하되,

상기 제어 장치는,

상기 싸이리스터, 커패시터 및 써킷 브레이커에 흐르는 전류를 감지하는 전류 감지부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 계전기의 제어 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전력 계통에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 전력 계통의 보호 분야에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 전력 계통에 고장 발생 시 신속하고 정확하게 고장 구간을 제거 또는 차단하는 것이 필수적으로 요구되며, 이를 위해 전류자동 계전방식, 거리 계전방식, 과전류 계전방식 등의 다양한 방식으로 동작하는 보호 계전기가 전력 계통에 필수적으로 적용된다.

[0004] 또한, FACTS(Flexible AC Transmission System: 유연송전시스템)란, 전력 계통에 직렬 또는 병렬로 설치되어 송전 선로의 유효전력, 무효전력, 및 모션 전압 등을 제어할 수 있는 전력기기를 의미하며, 계통 접속 방법에 따라 TCSC, SSSC 등의 직렬형 또는 SVC, STATCOM 등의 병렬형으로 구분될 수 있다.

[0005] FACTS는 미리 결정된 운전모드 별로 전력 계통의 파라미터들을 조절하는 방식으로 전력 계통의 제어를 수행하는데, 전력 계통의 상황에 따라 운전모드를 변환한다. 특히, 거리 계전기는 전기적 거리(즉, 임피던스)를 기준으로 동작을 하는데, TCSC에 의해 전력 계통의 임피던스가 변경되는 경우, 거리 계전기의 동작에 오차가 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 TCSC가 포함된 전력 계통의 거리 계전기의 제어 장치 및 방법은 거리 계전기의 오동작을 방지하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 TCSC가 포함된 전력 계통의 거리 계전기의 제어 장치 및 방법은 전력 계통을 보다 효율적으로 보호하는 것을 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 방법은,
- [0011] TCSC(Thyristor-Controlled Series Capacitors)가 적용된 전력 계통을 보호하는 거리 계전기의 제어 방법에 있어서, 상기 TCSC의 동작 모드를 판단하는 단계; 상기 판단된 동작 모드에 대응하는 기준 설정 값을 획득하는 단계; 및 상기 거리 계전기에 설정된 설정 값이 상기 기준 설정 값과 상이한 경우, 상기 거리 계전기의 설정 값을 상기 기준 설정 값으로 변경하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 TCSC의 동작 모드는, 용량성 리액턴스 부스트 모드인 제 1 모드, TCR (Thyristor-Controlled Reactor) 블록 모드인 제 2 모드, TCR 바이패스 모드인 제 3 모드 및 써킷 브레이커 바이패스 모드인 제 4 모드를 포함할 수 있다.
- [0013] 제 1 모드에 대응하는 제 1 기준 설정 값, 제 2 모드에 대응하는 제 2 기준 설정 값, 제 3 모드에 대응하는 제 3 기준 설정 값 및 제 4 모드에 대응하는 제 4 기준 설정 값은, 제 3 기준 설정 값, 제 4 기준 설정 값, 제 2 기준 설정 값 및 제 1 기준 설정 값의 순으로 크기가 감소할 수 있다.
- [0014] 상기 TCSC는, 서로 간에 병렬로 연결된 싸이리스터, 커패시터, MOV(metal oxide varistor) 및 써킷 브레이커를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 TCSC의 동작 모드를 판단하는 단계는, 상기 싸이리스터와 상기 커패시터를 흐르는 전류가 감지되면 상기 TCSC를 제 1 모드로 판단하고, 상기 싸이리스터와 상기 커패시터 중 커패시터로만 흐르는 전류가 감지되면 상기 TCSC를 제 2 모드로 판단하고, 상기 싸이리스터와 상기 커패시터 중 싸이리스터로만 흐르는 전류가 감지되면 상기 TCSC를 제 3 모드로 판단하고, 상기 써킷 브레이커로 흐르는 전류가 감지되면 상기 TCSC를 제 4 모드로 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 다른 실시예에 따른 제어 장치에 있어서,
- [0017] TCSC가 적용된 전력 계통을 보호하는 거리 계전기의 제어 장치에 있어서, 상기 TCSC의 동작 모드를 판단하는 판단부; 기 판단된 동작 모드에 대응하는 기준 설정 값을 저장하는 메모리; 및 상기 거리 계전기에 설정된 설정 값이 상기 기준 설정 값과 상이한 경우, 상기 거리 계전기의 설정 값을 상기 기준 설정 값으로 변경하는 제어부를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 TCSC는, 서로 간에 병렬로 연결된 싸이리스터, 커패시터, MOV(metal oxide varistor) 및 써킷 브레이커를 포함하되, 상기 제어 장치는, 상기 싸이리스터, 커패시터 및 써킷 브레이커에 흐르는 전류를 감지하는 전류 감지부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 TCSC가 포함된 전력 계통의 거리 계전기의 제어 장치 및 방법이 달성할 수 있는 일부의 효과는 다음과 같다.
- [0022] i) 거리 계전기의 오동작을 방지할 수 있다.
- [0023] ii) 전력 계통을 보다 효율적으로 보호할 수 있다.
- [0025] 다만, 본 발명의 일 실시예에 따른 TCSC가 포함된 전력 계통의 거리 계전기의 제어 장치 및 방법이 달성할 수 있는 효과는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0027]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치가 적용된 전력 계통을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치에 의한 거리 계전기의 제어 방법을 나타내는 순서도이다.

도 3(a)는 도 1에 도시된 TCSC의 구성을 나타내는 도면이며, 도 3(b)는 TCSC의 제어각에 따른 TCSC의 리액턴스를 나타내는 그래프이다.

도 4는 전력 계통에 TCSC가 적용되지 않은 상태에서의 거리 계전기의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이다.

도 5(a)는 TCSC가 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때의 거리 계전기의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 5(b)는 TCSC가 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.

도 6(a)는 TCSC가 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때의 거리 계전기의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 6(b)는 TCSC가 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.

도 7(a)는 TCSC가 TCR 블록 모드로 동작할 때의 거리 계전기의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 7(b)는 TCSC가 TCR 블록 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.

도 8(a)는 TCSC가 TCR 바이패스 모드로 동작할 때의 거리 계전기의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 8(b)는 TCSC가 TCR 바이패스 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.

도 9(a)는 TCSC가 쉐킷 브레이커 바이패스 모드로 동작할 때의 거리 계전기의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 9(b)는 TCSC가 쉐킷 브레이커 바이패스 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.

도 10(a)는 TCSC의 운전 모드에 따른 전력 계통의 파라미터를 나타내는 표이고, 도 10(b)는 B 변전소에 단락 사고 및 지락 사고가 발생한 경우, TCSC의 운전 모드에 따른 B 변전소까지의 전기적 거리를 나타내는 그래프이다.

도 11은 전력 계통에 TCSC가 설치되지 않은 경우, B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이다.

도 12(a)는 TCSC가 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작하는 동안 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이고, 도 12(b)는 본 발명의 실시예에 따라 거리 계전기의 설정 값이 변경되었을 때의 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이다.

도 13(a)는 TCSC가 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작하는 동안 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이고, 도 13(b)는 본 발명의 실시예에 따라 거리 계전기의 설정 값이 변경되었을 때의 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이다.

도 14(a)는 TCSC가 TCR 블록 모드로 동작하는 동안 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이고, 도 14(b)는 본 발명의 실시예에 따라 거리 계전기의 설정 값이 변경되었을 때의 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이다.

도 15(a)는 TCSC가 TCR 바이패스 모드로 동작하는 동안 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이고, 도 15(b)는 본 발명의 실시예에 따라 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이다.

도 16(a)는 TCSC가 쉐킷 브레이커 바이패스 모드로 동작하는 동안 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이고, 도 16(b)는 본 발명의 실시예에 따라 거리 계전기의 설정 값이 변경되었을 때의 B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내는 도면이다.

도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고, 이를 상세한 설명을 통해 상세히 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명은 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체 물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0029] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 본 명세서의 설명 과정에서 이용되는 숫자(예를 들어, 제 1, 제 2 등)는 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위한 식별기호에 불과하다.
- [0030] 또한, 본 명세서에서, 일 구성요소가 다른 구성요소와 "연결된다" 거나 "접속된다" 등으로 언급된 때에는, 상기 일 구성요소가 상기 다른 구성요소와 직접 연결되거나 또는 직접 접속될 수도 있지만, 특별히 반대되는 기재가 존재하지 않는 이상, 중간에 또 다른 구성요소를 매개하여 연결되거나 또는 접속될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0031] 또한, 본 명세서에서 '~부(유닛)', '모듈' 등으로 표현되는 구성요소는 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, 이 구성요소는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만, 구성 요소는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. 구성요소는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있다. 또한, 2개 이상의 구성요소가 하나의 구성요소로 합쳐지거나 또는 하나의 구성요소가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화될 수도 있다. 또한, 이하에서 설명할 구성요소 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성요소가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성요소 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성요소에 의해 전담되어 수행될 수도 있음은 물론이다.
- [0032] 이하에서는, 도면을 참조하여 본 발명의 기술적 사상에 따른 예시적인 실시예들에 대해 설명한다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(100)가 적용된 전력 계통(10)을 나타내는 도면이다.
- [0034] 도 1을 참조하면, 전력 계통(10)의 송전 선로에는 거리 계전기(20) 및 TCSC(30)가 위치되며, 거리 계전기(20)는 전력 계통(10)에 고장 발생시 차단기(CB1)를 동작시켜 계통(10)을 차단시킨다.
- [0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(100)는 거리 계전기(20) 및 TCSC(30)에 연결될 수 있는데, 구현예에 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(100)는 거리 계전기(20)에 포함되거나, TCSC(30)에 포함될 수도 있다. 또는, 제어 장치(100)의 일부 구성은 거리 계전기(20)에 포함되고, 나머지 구성은 TCSC(30)에 포함될 수도 있다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(100)는 TCSC(30)의 동작 모드에 따라 거리 계전기(20)가 오작동하는 것을 방지할 수 있는데, 제어 장치(100)의 구체적인 동작에 대해서는 도 2를 참조하여 설명한다.
- [0037] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(100)에 의한 거리 계전기(20)의 제어 방법을 나타내는 순서도이다.
- [0038] S210 단계에서, 제어 장치(100)는 TCSC(30)의 동작 모드를 판단한다. 제어 장치(100)는 TCSC(30)로부터 동작 모드에 관한 정보를 전달받을 수 있으며, 구현예에 따라서는 제어 장치(100)가 스스로 TCSC(30)의 동작 모드를 판단할 수도 있다. TCSC(30)는 적어도 4가지의 모드로 동작할 수 있는데, TCSC(30)의 동작 모드에 대해서는 도 5 내지 도 9를 참조하여 후술한다.
- [0039] S220 단계에서, 제어 장치(100)는 TCSC(30)의 동작 모드에 대응하는 기준 설정 값을 획득한다. 여기서, 기준 설정 값은 거리 계전기(20)에 대해 설정되어야 하는 설정 값으로서, TCSC(30)의 동작 모드 별로 다른 기준 설정 값이 존재한다.
- [0040] 관리자는 거리 계전기(20)를 어떻게 동작시킬 것인지에 대한 판단 하에, 그에 맞는 설정 값을 거리 계전기(20)에 미리 설정하는데, 이 설정 값은 전기적 거리, 즉 임피던스로 표현된다. 예를 들어, 도 1의 B 변전소에 고장이 발생할 것을 대비하여 거리 계전기(20)를 설치하면서, B 변전소의 사고를 Zone 1 내의 사고로 인지하도록 거리 계전기(20)의 설정 값을 설정할 수 있다. 그러나 이 설정 값은 거리 계전기(20)로부터 사고 지점까지의 임피던스에 기초하여 설정되는 것이기 때문에, 도 1과 같이, TCSC(30)가 존재하는 경우, 임피던스 자체가 변하게 되어 거리 계전기(20)가 적절하게 동작하지 못하는 것이다.
- [0041] S230 단계에서, 제어 장치(100)는 거리 계전기(20)에 설정된 현재의 설정 값이 기준 설정 값과 상이한 경우, 거리 계전기(20)의 설정 값을 기준 설정 값으로 변경한다.

- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(100)는 TCSC(30)의 동작 모드에 따라 실시간으로 거리 계전기(20)의 설정 값을 변경하므로, 거리 계전기(20)의 오동작을 막을 수 있는 동시에 계통(10)을 보다 안전하게 보호할 수 있다.
- [0043] 도 3(a)는 도 1에 도시된 TCSC(30)의 구성을 나타내는 도면이며, 도 3(b)는 TCSC(30)의 제어각에 따른 TCSC(30)의 리액턴스를 나타내는 그래프이다.
- [0044] 도 3(a)에 도시된 바와 같이, TCSC(30)는 서로 병렬로 연결된 싸이리스터(31), 커패시터(33), MOV(metal oxide varistor)(34), 켄트 브레이커(35)를 포함한다. Ls(32)는 싸이리스터(31)의 유도성 리액턴스를 나타낸다. 싸이리스터(31)의 제어각에 따라 송전 선로의 임피던스가 변경되는데, 도 3(b)를 보면, 싸이리스터(31)의 제어각이 180도 일 때, TCSC(30)의 용량성 리액턴스는 X_c 이며, 약 147도 내지 180도 사이일 때, TCSC(30)의 용량성 리액턴스는 X_c 와 $3X_c$ 사이의 값을 갖게 된다. 또한, 제어각이 약 143도 이하가 되면, TCSC(30)의 유도성 리액턴스가 우세하게 된다.
- [0045] 즉, 정리하면, 싸이리스터(31)의 제어각에 따라 송전 선로의 리액턴스가 증가 (TCSC(30)가 유도성 리액턴스를 나타낼 때)하거나, 리액턴스가 감소(TCSC(30)가 용량성 리액턴스를 나타낼 때)한다.
- [0046] 도 4는 전력 계통에 TCSC(30)가 적용되지 않은 상태에서의 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX(Resistance-Reactance) 다이어그램이다.
- [0047] M은 임피던스 측면에서 바라본 송전 선로로서, 송전 선로는 저항 R과 유도성 리액턴스 X로 표현될 수 있으며, C1은 단락 사고 80%, 지락 사고 75%의 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역을 나타낸다.
- [0048] Zone 1 보호 영역의 중심 및 반지름은 아래의 수학적 식 1로 결정된다.
- [0050] [수학적 식 1]
- [0051] 중심 = $\frac{a}{2} \{(R) + j(X)\}$
- [0052] 반지름 = $\frac{a}{2} \sqrt{(R^2 + X^2)}$
- [0054] 위 수학적 식 1에서, a는 단락 사고 85%, 지락 사고 75%인 경우의 Zone-1보호 구간의 거리를 나타낸다.
- [0055] 도 5(a)는 TCSC(30)가 제 1 용량성 리액턴스 부스트(boost) 모드로 동작할 때의 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 5(b)는 TCSC(30)가 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.
- [0056] 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드는, 도 6(a) 및 도 6(b)에서 살펴볼 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드와 함께 용량성 리액턴스 부스트 모드로 참조되며 이는 TCSC(30)가 송전 선로의 용량성 리액턴스를 증가시키는 방향으로 동작한다는 것을 의미한다. 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드는 TCSC(30)의 용량성 리액턴스가 X_c 와 $3X_c$ 사이의 값을 가지면서, MOV(34)로 전류가 흐르지 않는 모드이다. 도 5(b)를 참조하면, 싸이리스터(31) 및 커패시터(33)에는 전류가 흐르나, MOV(34)에는 전류가 흐르지 않는 것을 알 수 있다.
- [0057] TCSC(30)가 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작하면, 송전 선로에는 X_c 와 $3X_c$ 사이의 값의 용량성 리액턴스가 추가되므로, 도 5(a)에 도시된 바와 같이, 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역이 원래의 Zone 1 보호 영역, 즉 점선보다 작은 c2 내지 c3 사이의 원 형태를 갖게 되는 것이다.
- [0058] TCSC(30)가 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때의 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역의 중심 및 반지름은 아래의 수학적 식 2로 결정된다.

[0060] [수학적 식 2]

$$\text{중심} = \frac{a}{2} \{(R) + j(X - X_c)\} \sim \frac{a}{2} \{(R) + j(X - 3X_c)\}$$

$$\text{반지름} = \frac{a}{2} \sqrt{\{R^2 + (X - X_c)^2\}} \sim \frac{a}{2} \sqrt{\{R^2 + (X - 3X_c)^2\}}$$

도 6(a)는 TCSC(30)가 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때의 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 6(b)는 TCSC(30)가 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.

도 6(b)에 도시된 바와 같이, 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드에서는 싸이리스터(31), 커패시터(33) 및 MOV(34) 모두에 전류가 흐르는 것을 알 수 있다. 싸이리스터(31) 및 커패시터(33)에 전류가 흐름으로써, X_c 내지 $3X_c$ 사이의 용량성 리액턴스가 송전 선로에 추가되고, MOV(34)에 전류가 흐름으로써, R_{mov} 의 저항이 송전 선로에 추가된다.

도 6(a)에 도시된 바와 같이, R_{mov} 의 영향으로 송전 선로의 위치가 바뀐 것을 알 수 있으며, X_c 내지 $3X_c$ 사이의 용량성 리액턴스로 인해, Zone 1의 보호 영역이 c_4 내지 c_5 사이의 원 형태를 갖는다는 것을 알 수 있다.

R_{mov} 와 TCSC(30)의 용량성 리액턴스의 합성 임피던스를 $A+jB$ 라 할 때, TCSC(30)가 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때의 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역의 중심 및 반지름은 아래의 수학식 3으로 결정된다.

[수학식 3]

$$\text{중심} = \frac{a}{2} \{(R + A) + j(X + B)\}$$

$$\text{반지름} = \frac{a}{2} \sqrt{\{(R + A)^2 + (X + B)^2\}}$$

도 7(a)는 TCSC(30)가 TCR 블록 모드로 동작할 때의 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 7(b)는 TCSC(30)가 TCR 블록 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.

TCR 블록 모드는 싸이리스터(31)로 전류가 흐르지 않는 모드로서, 도 7(b)에 도시된 바와 같이, 커패시터(33)로만 전류가 흐르는 것을 알 수 있다.

커패시터(33)로만 전류가 흐르면, X_c 의 용량성 임피던스만이 송전 선로에 추가되고, 도 7(b)에 도시된 바와 같이, Zone 1 보호 영역이 c_6 으로 감소된다.

이때, c_6 의 중심 및 반지름은 아래의 수학식 4로 결정된다.

[수학식 4]

$$\text{중심} = \frac{a}{2} \{(R) + j(X - X_c)\}$$

$$\frac{a}{2}\sqrt{(R^2 + (X - X_c)^2)}$$

반지름 =

도 8(a)는 TCSC(30)가 TCR 바이패스 모드로 동작할 때의 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 8(b)는 TCSC(30)가 TCR 바이패스 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.

TCR 바이패스 모드는 전류가 싸이리스터(31)로는 흐르지, 커패시터(33)로는 흐르지 않는 모드로서, 싸이리스터(31)의 유도성 리액턴스만이 송전 선로에 추가된다. 도 8(a)에 도시된 바와 같이, R_{mov}로 인해 송전 선로의 위치가 변경되며, Zone 1 보호 영역이 c7로 확장된다. 이는, 용량성 리액턴스 부스트 모드 및 TCR 블록 모드와 달리 전체 송전 선로의 유도성 리액턴스가 증가하였기 때문이다.

R_{mov}와 TCSC(30)의 유도성 리액턴스의 합성 임피던스를 C+jD라 할 때, c7의 중심 및 반지름은 아래의 수학적 식 5로 결정된다.

[수학적 식 5]

$$\frac{a}{2}\{(R + C) + j(X + D)\}$$

중심 =

$$\frac{a}{2}\sqrt{\{(R + C)^2 + (X + D)^2\}}$$

반지름 =

도 9(a)는 TCSC(30)가 써킷 브레이커 바이패스 모드로 동작할 때의 거리 계전기(20)의 Zone 1 보호 영역을 나타내는 RX 다이어그램이고, 도 9(b)는 TCSC(30)가 써킷 브레이커 바이패스 모드로 동작할 때의 전류 흐름을 나타내는 도면이다.

써킷 브레이커 바이패스 모드는 써킷 브레이커(35)로만 전류가 흐르는 모드이며, 이 경우, 송전 선로에는 TCSC(30)에 의한 추가 저항이나 추가 리액턴스가 존재하지 않으므로, 도 9(a)에 도시된 바와 같이, Zone 1 보호 영역의 크기에는 변화가 없게 되며, 이때 c8의 중심 및 반지름은 수학적 식 1과 같다.

도 10(a)는 TCSC(30)의 운전 모드에 따른 전력 계통의 파라미터를 나타내는 표이고, 도 10(b)는 B 변전소에 단락 사고 및 지락 사고가 발생한 경우, TCSC(30)의 운전 모드에 따른 B 변전소까지의 전기적 거리를 나타내는 그래프이다.

전력 계통에 TCSC(30)가 설치되지 않았을 때의 송전 선로의 저항은 0.0012이고, 리액턴스는 0.0204이다. 도 10(a)의 고정분 X_c는 송전 선로의 용량성 리액턴스를 증가시키기 위해 송전 선로에 기본적으로 추가한 용량성 리액턴스로서, 본 발명에 따른 TCSC(30)의 용량성 리액턴스와는 무관하다. 본 발명에 대한 시뮬레이션에서 고정분 X_c를 송전 선로에 추가하였기 때문에, TCSC(30)가 송전 선로에 설치되었는지와 무관하게 송전 선로의 용량성 리액턴스는 증가한 상태이다.

제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드(capacitive boost mode without MOV)에서 TCSC(30)의 용량성 리액턴스의 값으로 0.0041이 추가되었고, 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드(capacitive boost mode with MOV)에서 TCSC(30)의 용량성 리액턴스의 값으로 0.0041, R_{mov} 0.0018이 추가되었으며, TCR 블록 모드(block mode)에서는 TCSC(30)의 용량성 리액턴스의 값으로 0.00206이 추가되었다. 또한, TCR 바이패스 모드(TCR bypass mode)에서는 유도성 리액턴스의 값으로 0.0029가 추가되었고, R_{mov} 0.0018이 추가되었다. 써킷 브레이커 바이패스 모드(circuit breaker bypass mode)에서는 고정분 X_c를 제외하고, 어떠한 리액턴스나 저항이 증가하지 않은 것을 알 수 있다.

도 10(b)는 도 10(a)의 각 동작 모드하에서, B 변전소의 단락 요소 및 지락 요소가 존재하는 경우, Zone 1 보호

영역, Zone 2 보호 영역, Zone 3 보호 영역의 전기적 거리를 나타낸다.

- [0096] B 변전소 단락 요소가 존재하는 경우를 살펴보면, TCSC(30) 미 설치시 Zone 1 보호 영역의 전기적 거리는 20.6764이며, 썬킷 브레이커 바이패스 모드에서는 Zone 1 보호 영역의 전기적 거리가 14.4982이다. 이는, 썬킷 브레이커 바이패스 모드에서는 고정분 X_c 가 송전 선로에 추가되었기 때문이다.
- [0097] 썬킷 브레이커 바이패스 모드와, 용량성 리액턴스 부스트 모드 및 TCR 블록 모드를 비교하면, 용량성 리액턴스 부스트 모드 및 TCR 블록 모드일 때, Zone 1 보호 영역의 전기적 거리가 썬킷 브레이커 바이패스 모드에 비해 짧아진 것을 알 수 있다. 또한, 썬킷 브레이커 바이패스 모드와 TCR 바이패스 모드를 비교하면, TCR 바이패스 모드일 때, Zone 1 보호 영역의 전기적 거리가 썬킷 브레이커 바이패스 모드에 비해 길어진 것을 알 수 있다.
- [0098] TCSC(30)가 설치되지 않은 경우의 B 변전소까지의 Zone 1 보호 영역의 거리는 20.6746 이었으나, TCSC(30)가 용량성 리액턴스 부스트 모드, TCR 블록 모드로 동작하는 경우의 B 변전소까지의 Zone 1 보호 영역의 거리가 더 짧아졌다는 것은, 거리 계전기(20)가 오버 리치(over-reach)로 동작한다는 것을 의미한다. 다시 말하면, 관리자는 TCSC(30)의 설치를 고려하지 않고, B 변전소의 단락 사고에 대해 거리 계전기(20)가 Zone 1으로 동작하게 하기 위해, 설정 값으로서 20.6746을 입력하였다면, 실제 B 변전소보다 멀리서 단락 사고가 발생한 경우, 거리 계전기(20)는 Zone 2 사고로 인식하고 동작하여야 한다. 그러나, TCSC(30)가 용량성 리액턴스 부스트 모드 또는 TCR 블록 모드로 동작하는 경우에는 B 변전소까지의 전기적 거리가 짧아졌기 때문에 B 변전소보다 멀리서 단락 사고가 발생하였더라도, 그 전기적 거리가 20.6746보다 작을 수 있으므로, Zone 1 사고로 인식할 수 있는 것이다.
- [0099] 반대로, TCSC(30)가 TCR 바이패스 모드로 동작하는 경우에는 거리 계전기(20)가 언더 리치(under-reach)로 동작하게 된다.
- [0100] 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(100)는 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드, 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드, TCR 블록 모드, TCR 바이패스 모드 및 썬킷 브레이커 바이패스 모드 각각에 대응하는 기준 설정 값, 즉, 전기적 거리 값을 마련하고, 이를 거리 계전기(20)에 설정하므로, TCSC(30)의 동작 모드가 무엇이냐에 관계 없이 거리 계전기(20)는 항상 동일한 위치의 사고로 인식하게 된다.
- [0101] 도 10b에 도시된 바와 같이, 각 보호 영역에 따른 전기적 거리는 TCR 바이패스 모드, 썬킷 브레이커 바이패스 모드, 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드, TCR 블록 모드, 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드의 순서로 작아지므로, 거리 계전기(20)에 대한 기준 설정 값 역시 이와 같은 순서로 작아지게 된다.
- [0102] 도 11은 전력 계통에 TCSC(30)가 설치되지 않은 경우, B 변전소의 단락 사고를 거리 계전기(20)에서 바라본 임피던스 궤적을 나타내며, 도 11에 도시된 바와 같이, B 변전소의 단락 사고는 Zone 2로 수렴된다.
- [0103] 도 12 내지 도 16은 모두 TCSC(30)의 동작 모드 별로 본 발명에 따른 제어 장치(100)가 존재하지 않을 때의 B 변전소 단락 사고의 임피던스 궤적(도 12(a), 도 13(a), 도 14(a), 도 15(a), 도 16(a))과, 본 발명에 따른 제어 장치(100)에 의해 거리 계전기(20)의 설정 값이 변경되었을 때의 B 변전소 단락 사고의 임피던스 궤적을 비교하는 도면(도 12(b), 도 13(b), 도 14(b), 도 15(b), 도 16(b))들이다.
- [0104] 도 12는 TCSC(30)가 제 1 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때, 도 13은 TCSC(30)가 제 2 용량성 리액턴스 부스트 모드로 동작할 때, 도 14는 TCSC(30)가 TCR 블록 모드로 동작할 때, 도 15는 TCSC(30)가 TCR 바이패스 모드로 동작할 때, 도 16은 TCSC(30)가 썬킷 브레이커 바이패스 모드로 동작할 때를 나타낸다.
- [0105] 도 12 내지 도 16을 참조하면, TCSC(30)의 모든 동작 모드에서 거리 계전기(20)의 설정 값이 바뀌지 않았을 때, B 변전소의 단락 사고가 Zone 2로 수렴한다는 것을 알 수 있으며, 거리 계전기(20)의 설정 값이 바뀌면, B 변전소의 단락 사고가 Zone 1으로 수렴한다는 것을 알 수 있다. 즉, 거리 계전기(20)의 오버 리치 동작이 정상적으로 복귀된 것이다. 도 15 및 도 16에서도 거리 계전기(20)가 오버 리치 동작을 하는 이유는 전술한 바와 같이, 송전 선로에 고정분 X_c 를 추가하여 시뮬레이션하였기 때문이다.
- [0106] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(1700)의 구성을 나타내는 블록도이다.
- [0107] 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(1700)는 판단부(1710), 메모리(1730) 및 제어부(1750)를 포함할 수 있다.
- [0108] 판단부(1710)는 TCSC(30)의 동작 모드를 판단한다. 판단부(1710)는 TCSC(30)의 동작 모드를 용량성 리액턴스 부스트 모드, TCR 블록 모드, TCR 바이패스 모드, 썬킷 브레이커 바이패스 모드 중에서 어느 하나로 판단할 수 있

으며, 구현예에 따라서는, 판단부(1710)는 예를 들어, MOV(34)로 전류가 흐르는지 여부 또는 싸이리스터(31)의 제어각 등을 더 고려하여 용량성 리액턴스 부스트 모드를 더 세분화할 수 있다.

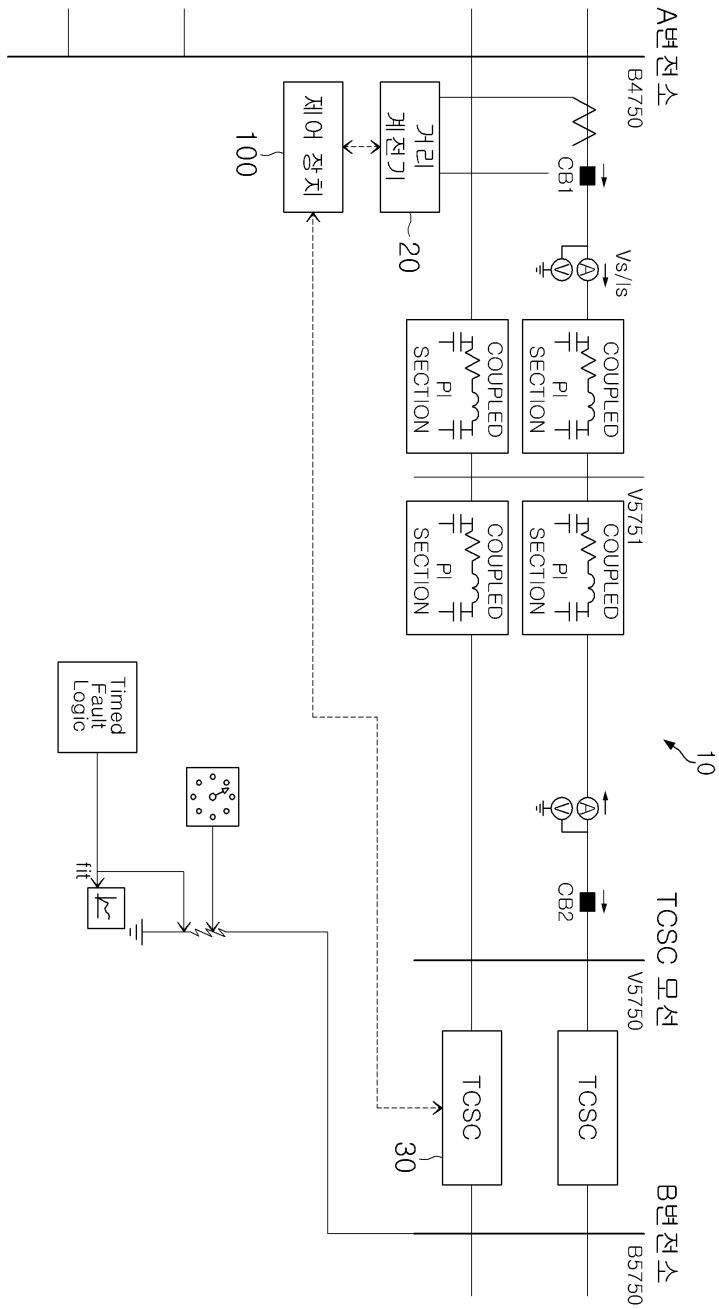
- [0109] 메모리(1730)는 판단부(1710)에 의해 판단된 동작 모드에 대응하는 기준 설정 값을 저장한다.
- [0110] 제어부(1750)는 TCSC(30)의 동작 모드에 대응하는 기준 설정값과, 거리 계전기(20)에 현재 설정된 설정 값이 서로 상이한 경우, 거리 계전기(20)에 현재 설정된 설정 값을 기준 설정 값으로 변경한다.
- [0111] 도 17에 도시되지는 않았지만, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치(1700)는 전류 감지부를 더 포함할 수 있다. 전류 감지부는 TCSC(30)의 싸이리스터(31), 커패시터(33) 및 써킷 브레이커(35)에 흐르는 전류를 감지한다. 전류 감지부는 전류 감지 소자의 형태로 TCSC(30)에 포함될 수도 있고, TCSC(30)로부터 싸이리스터(31), 커패시터(33) 및 써킷 브레이커(35)에 전류가 흐르는지 여부에 대한 정보를 수신할 수도 있다.
- [0112] 한편, 상술한 본 발명의 실시예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성가능하고, 작성된 프로그램은 매체에 저장될 수 있다.
- [0113] 상기 매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등) 및 캐리어 웨이브(예를 들면, 인터넷을 통한 전송)와 같은 저장매체를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0114] 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

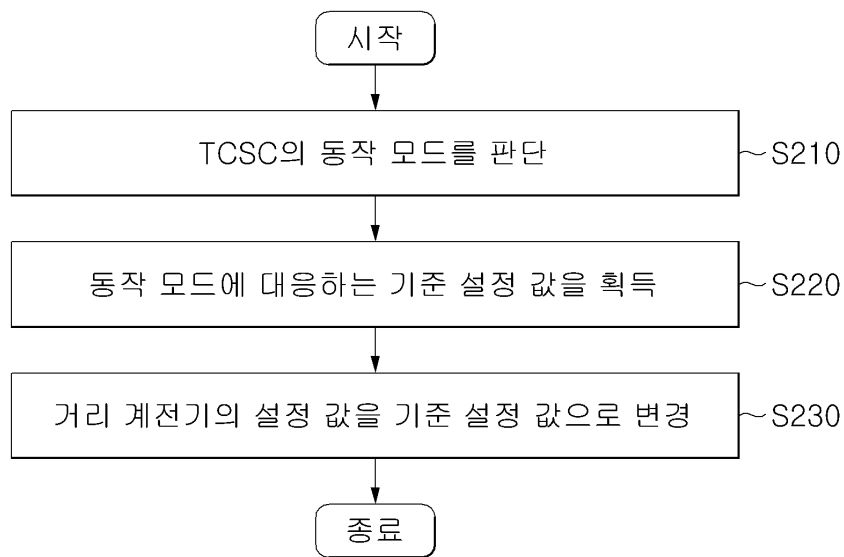
- [0116] 10: 전력 계통
20: 거리 계전기
30: TCSC
100, 1700: 제어 장치
1710: 판단부
1730: 메모리
1750: 제어부

도면

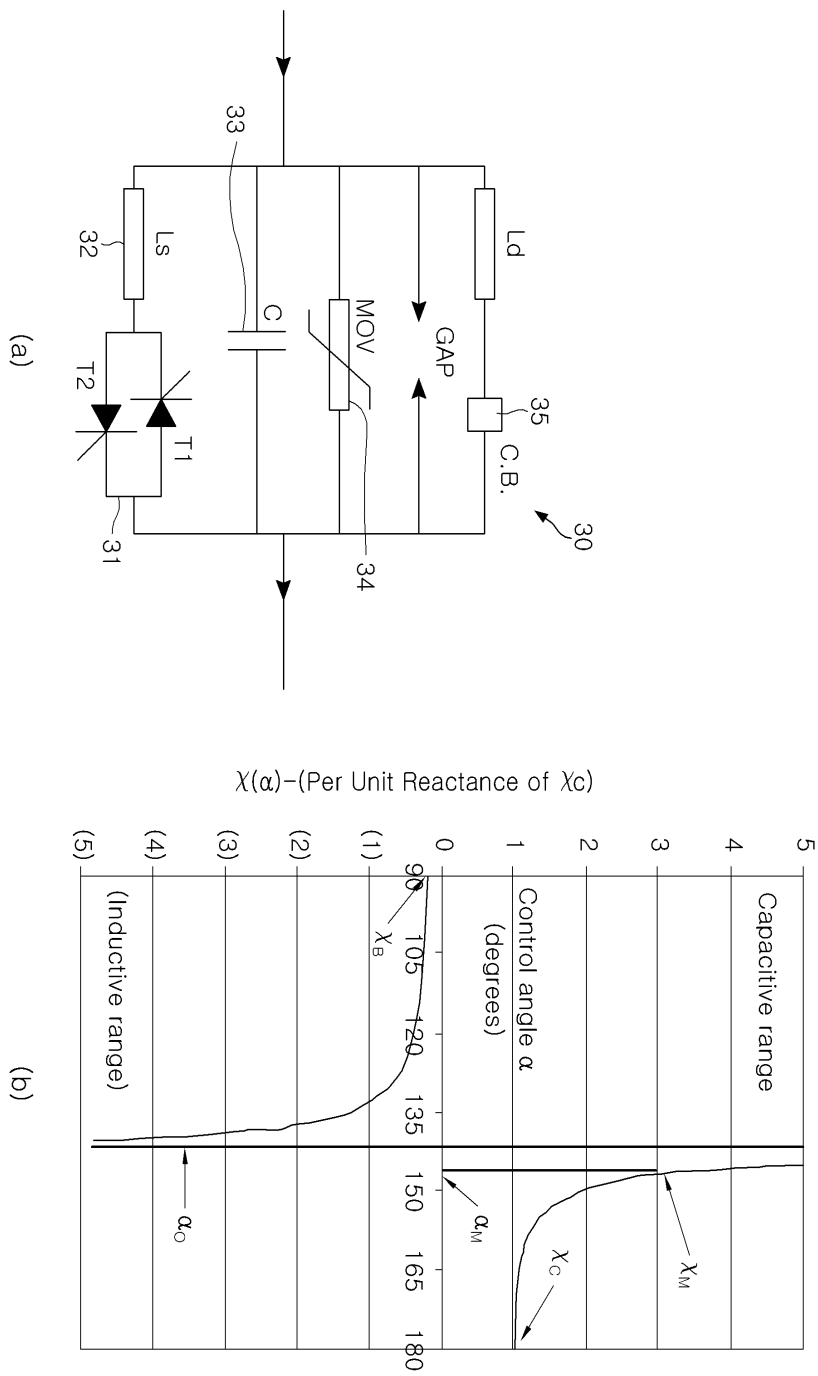
도면1



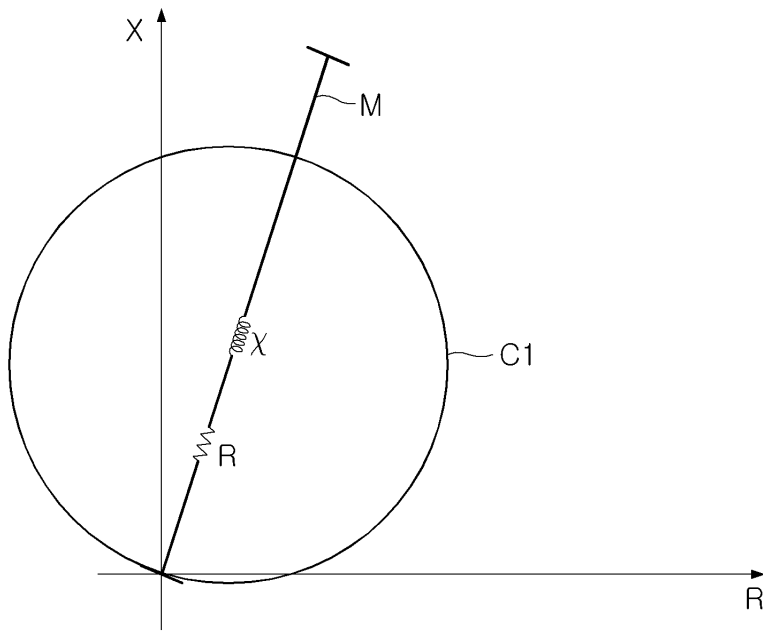
도면2



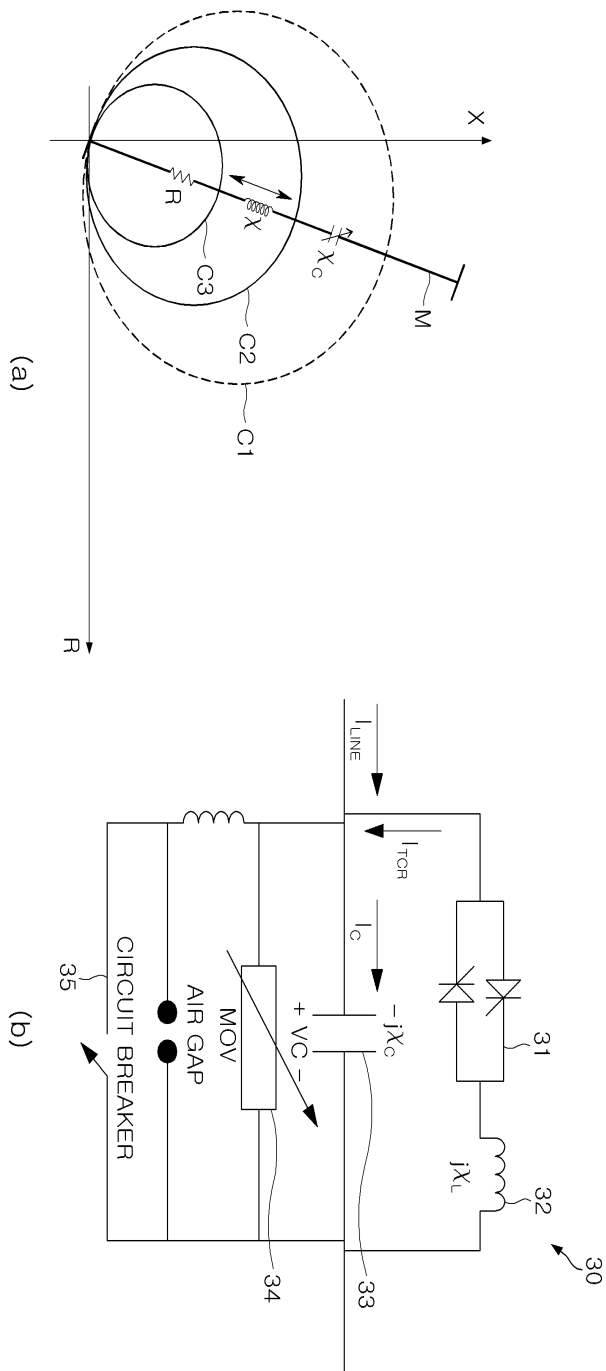
도면3



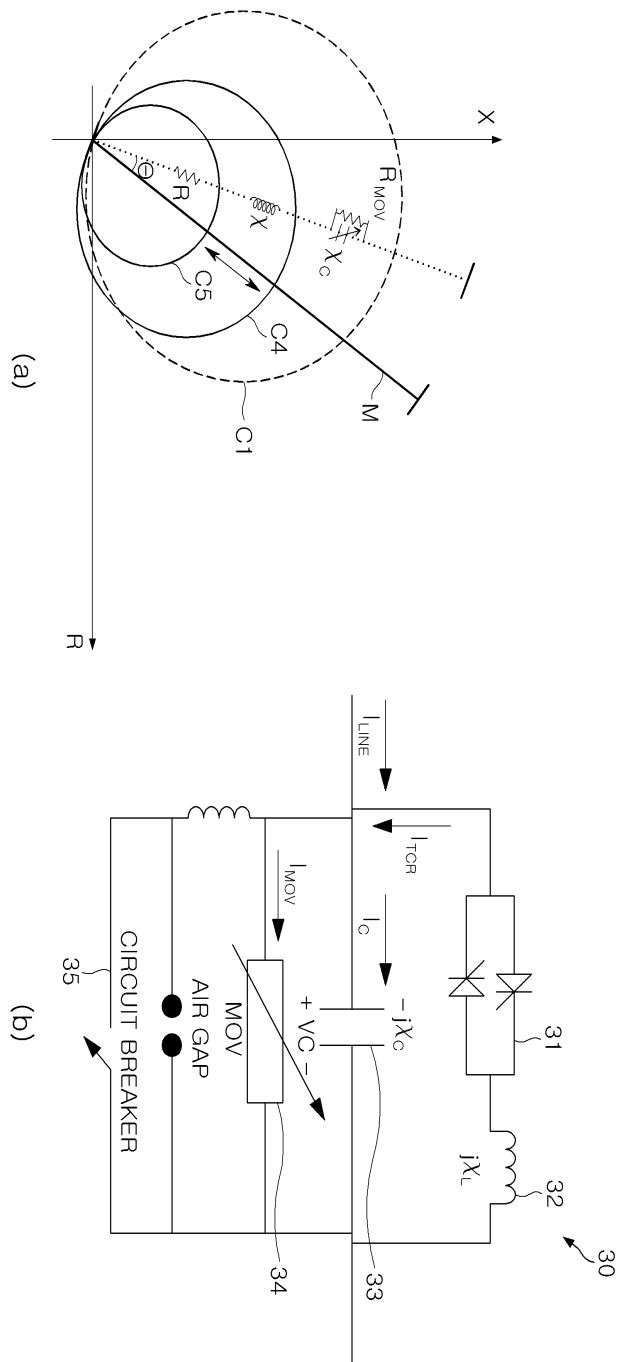
도면4



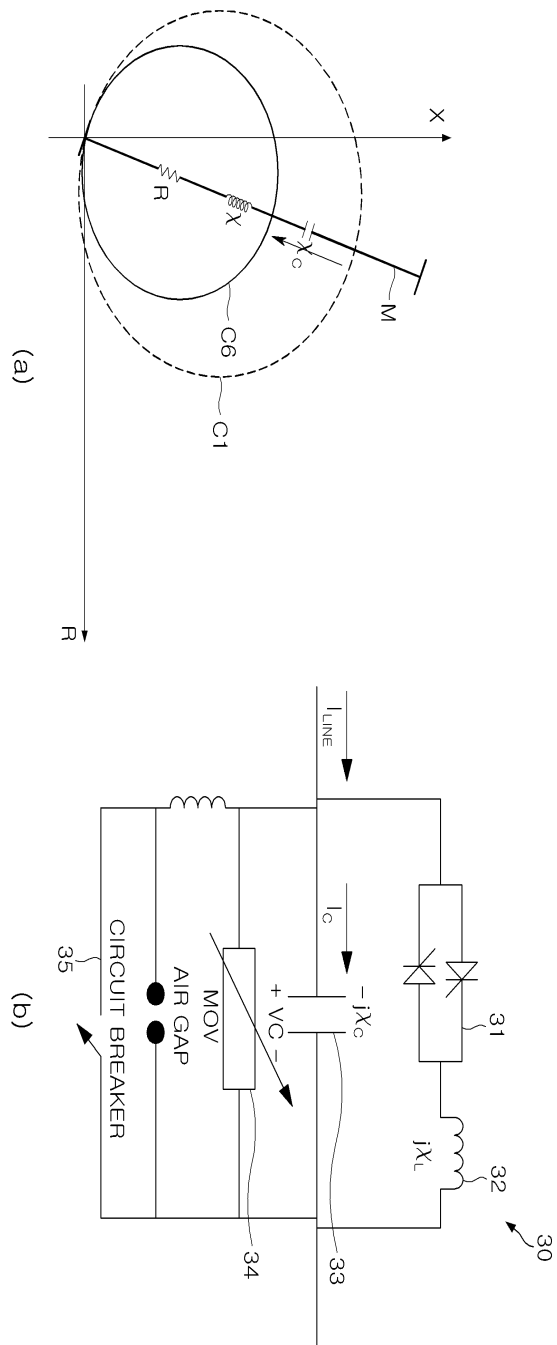
도면5



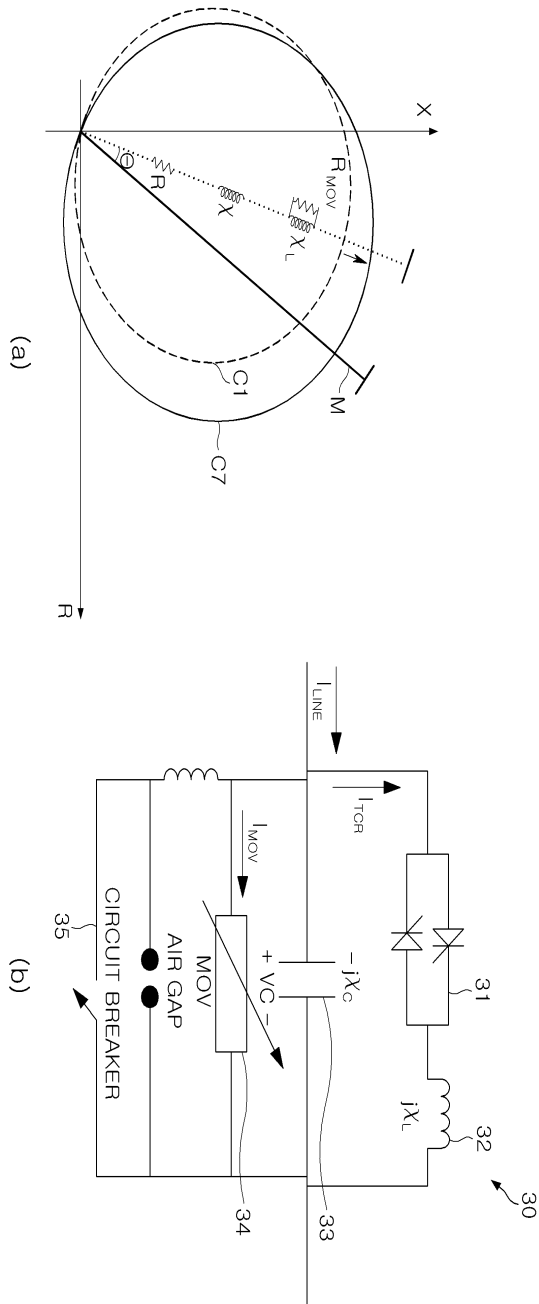
도면6



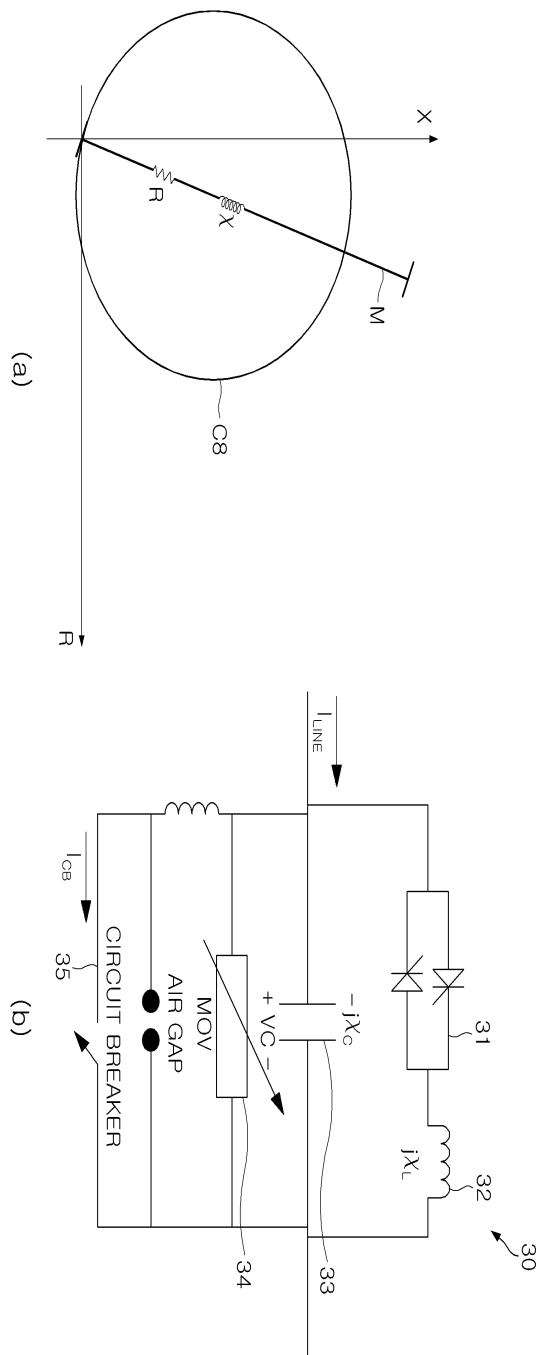
도면7



도면8



도면9



도면10

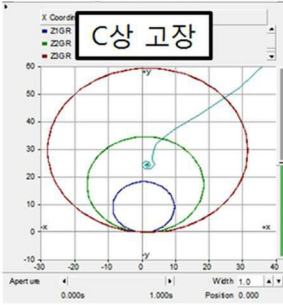
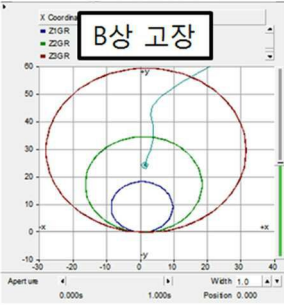
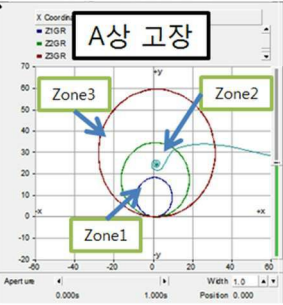
		B 변전소 단락요소 설정						B 변전소 지락요소 설정					
		Zone1		Zone2		Zone3		Zone1		Zone2		Zone3	
		Z1	Cycle	Z2	Cycle	Z3	Cycle	Z1	Cycle	Z2	Cycle	Z3	Cycle
0)	Base	20.6746	0	30.4038	24	59.4196	100	18.2423	0	30.4038	24	59.4196	100
1)	Capacitive Boost Mode Without MOV	10.3906		16.0284		54.9946		9.1682		16.0284		54.9946	
2)	Capacitive Boost Mode With MOV	13.7535		20.2257		67.5379		12.1354		20.2257		67.5379	
3)	Block Mode	12.4427	0	18.4453	24	56.3683	100	10.9789	0	18.4453	24	56.3683	100
4)	TCR Bypass Mode	15.5032		22.7988		52.0212		13.6793		22.7988		52.0212	
5)	Circuit Breaker Bypass Mode	14.4982		21.3208		57.4093		12.7925		21.3208		57.4093	

(b)

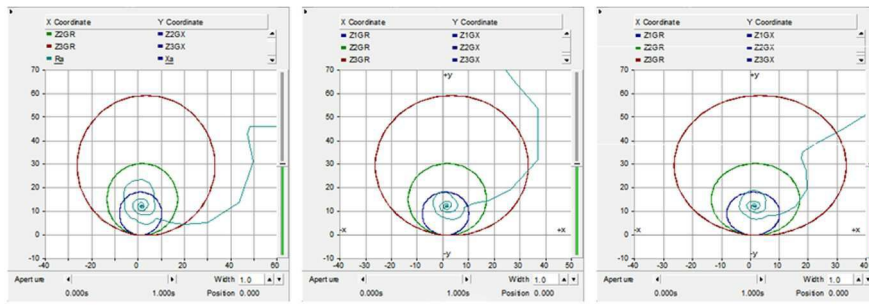
(a)

	R[pu]	X[pu]	고령분Xc[pu]	변동분Xc[pu]	R.MOV[pu]	X.L[pu]	R	+IX
0)	Base	0.0012	0.0204				0.0012	0.0204
1)	Capacitive Boost Mode Without MOV	0.0012	0.0204	0.0061	0.0041		0.0012	0.01020
2)	Capacitive Boost Mode With MOV	0.0012	0.0204	0.0061	0.0041	0.0018	-0.0003	0.01359
3)	Block Mode	0.0012	0.0204	0.0061	0.00206		0.0012	0.01224
4)	TCR Bypass Mode	0.0012	0.0204			0.0018	0.0025	0.01512
5)	Circuit Breaker Bypass Mode	0.0012	0.0204	0.0061			0.0012	0.01428

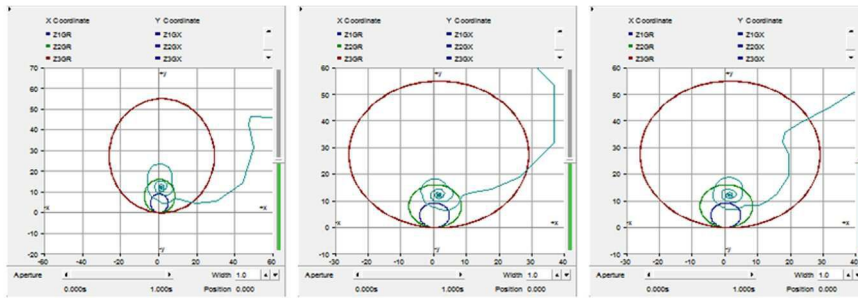
도면11



도면12

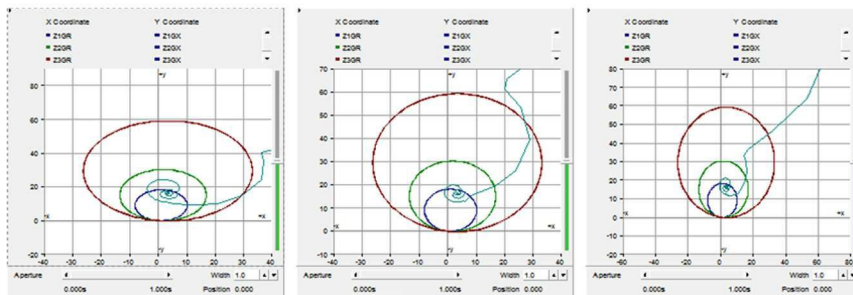


(a)

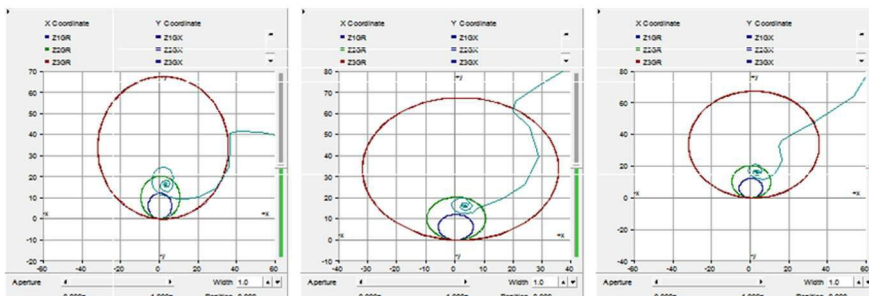


(b)

도면13

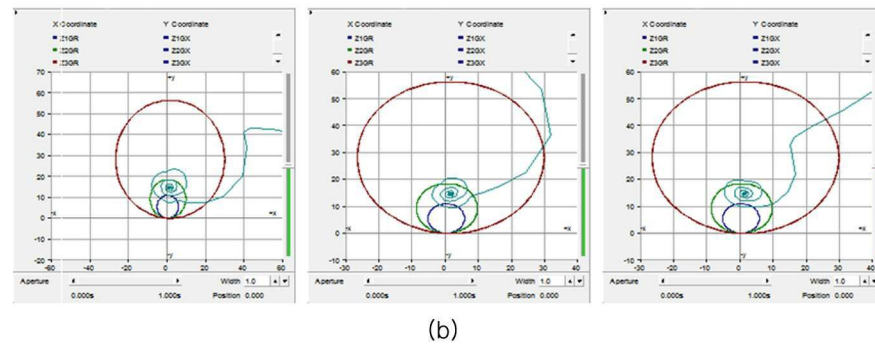
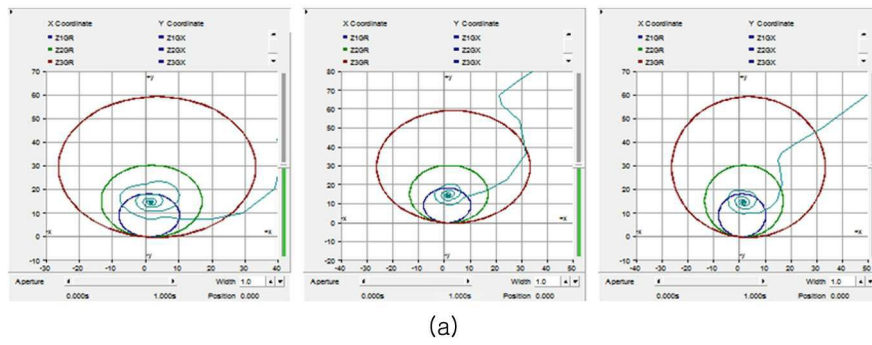


(a)

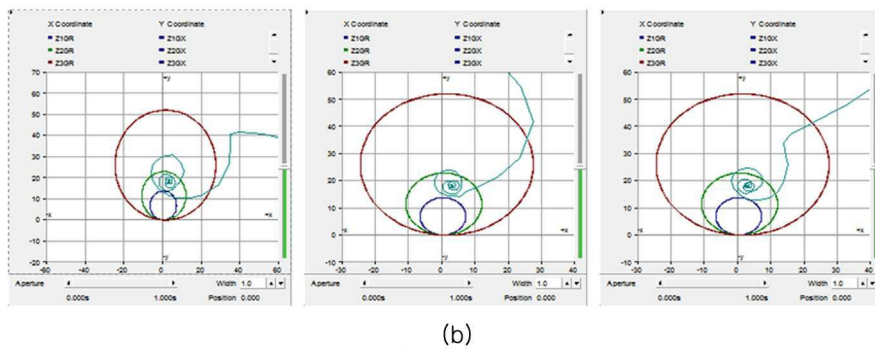
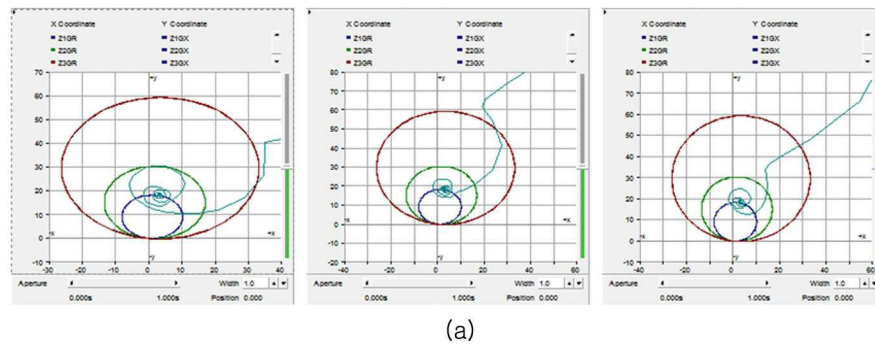


(b)

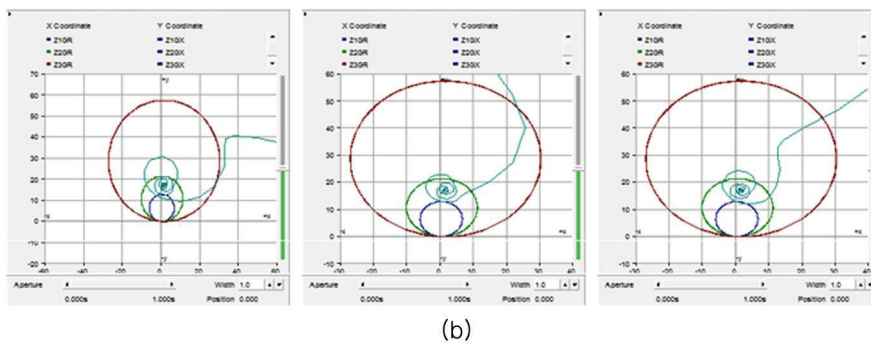
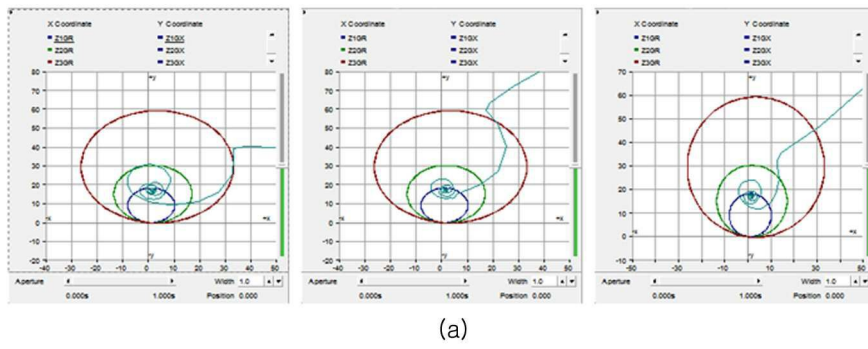
도면14



도면15



도면16



도면17

1700

