



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월21일
(11) 등록번호 10-2754759
(24) 등록일자 2025년01월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 30/14 (2006.01) B60M 3/02 (2006.01)
H01F 29/02 (2006.01) H01F 30/02 (2006.01)
H02B 13/035 (2006.01) H02J 3/01 (2019.01)
H02J 3/26 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01F 30/14 (2013.01)
B60M 3/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-0112517
- (22) 출원일자 2024년08월22일
심사청구일자 2024년08월22일
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020100113240 A
KR1020230167470 A
JP07014628 U

- (73) 특허권자
산일전기 주식회사
경기도 안산시 단원구 시화벤처로 481(성곡동)
- (72) 발명자
박동석
서울특별시 서초구 방배로18길 103, C동 402호(방배동, 롯데캐슬파크)
김태수
경기도 고양시 일산서구 강선로 164 후곡마을14단지아파트 1404동 202호
손국현
서울특별시 강동구 아리수로50길 50 302동 202호
- (74) 대리인
이재훈, 조형희

전체 청구항 수 : 총 6 항

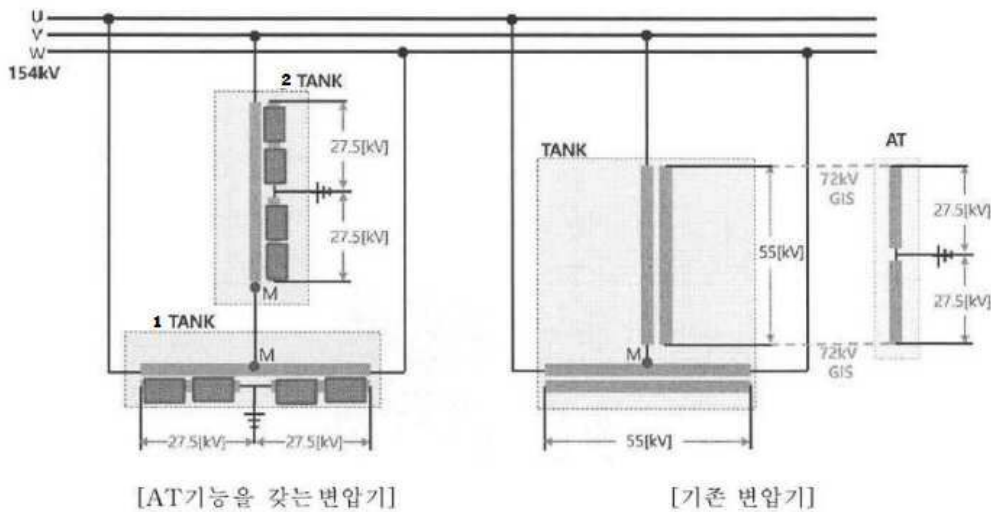
심사관 : 이별섭

(54) 발명의 명칭 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템 및 이를 이용한 급전 방법

(57) 요약

본 발명은 AT 기능형 주변압기 급전시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 기존의 설치가 필요했던 변전소 내 단권변압기(AT)를 생략할 수 있는 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도2a



(52) CPC특허분류

H01F 29/02 (2013.01)

H01F 30/02 (2013.01)

H02B 13/0352 (2013.01)

H02J 3/01 (2023.08)

H02J 3/26 (2023.08)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템을 이용한 급전 방법에 있어서,

각각 설치된 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기를 2개의 분리된 제1 합체와 제2 합체로 구성하는 단계;

상기 제1 합체의 제1 단상 변압기와 제2 합체의 제2 단상 변압기의 2차 권선에 각각 중성점을 형성하여 직접 접지하는 단계;

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측에 각각 $2 \times 25\text{kV}$ 방식으로 급전하는 단계;

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점 직접 접지로 인해 주변압기 내 단권변압기(AT)를 생략하는 단계;

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 전압을 55kV에서 29kV로 낮추어 GIS 절연을 72.5kV급에서 29kV급으로 낮추는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 AT 기능형 주변압기 급전시스템을 이용한 급전 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

변전소 내 단권변압기(AT)를 생략하는 단계는,

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점을 직접 접지함으로써 전차선과 급전선 사이의 전압을 55kV로 유지하면서 각각 대지간 전압을 27.5kV로 유지하는 단계;

상기 중성점 접지로 2차측 전압 $2 \times 27.5\text{kV}$ 인출로 인해 단권변압기 기능을 대체하는 단계;

상기 중성점 직접 접지를 통해 귀선 전류의 일부를 대지로 흐르게 하여 레일 전위 상승을 억제하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템을 이용한 급전 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

변전소 내 단권변압기(AT)를 생략하는 단계는,

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점을 레일과 직접 연결하는 단계;로서,

상기 중성점과 레일의 직접 연결을 통해 귀선 전류가 대지로 우회하지 않고 레일을 통해 변전소로 귀환하도록 하고, 상기 귀선 전류의 레일 귀환으로 인해 통신선 유도장해와 대지 전위 상승을 저감하는 것을 특징으로 하는 AT 기능형 주변압기 급전시스템을 이용한 급전 방법.

청구항 4

AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에 있어서,

3상 전원을 수전하는 수전부;

상기 수전부와 전기적으로 연결되며, 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기를 포함하는 변압부로서,

상기 제1 단상 변압기는 제1 합체 내에 설치되고,

상기 제2 단상 변압기는 제2 합체 내에 설치되며,

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기는 각각 1차 권선과 2차 권선을 포함하고,

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 1차 권선들은 상 변환 결선 방식으로 상기 수전부의 3상 전원에 연결되며,

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 권선들은 각각 중성점을 중심으로 대칭되게 분할 구성되는 변압부;

상기 변압부의 2차 권선들과 전기적으로 연결되는 급전부로서,

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 권선 중성점들을 직접 접지하고,

상기 2차 권선들로부터 2×25kV 방식으로 전력을 공급받아 전차선과 급전선으로 급전하는 급전부;

상기 급전부와 전기적으로 연결되는 전차선로부로서,

상기 급전부로부터 전력을 공급받는 전차선,

상기 전차선과 평행하게 설치되는 급전선,

귀선 전류가 흐르는 레일을 포함하며,

상기 전차선과 급전선 사이에 55kV의 전압이 인가되고,

상기 전차선 및 급전선 각각의 대지간 전압이 27.5kV로 유지되는 전차선로부;

상기 변압부, 급전부 및 전차선로부의 동작을 제어하는 제어부;를 포함하며,

상기 제어부는,

상기 변압부의 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점 직접 접지를 통해 변전소 내 단권변압기(AT)의 기능을 대체하고,

상기 전차선로부의 레일을 통한 귀선 전류의 변전소 귀환을 제어하여 통신선 유도장해와 대지 전위 상승을 저감하고,

상기 변압부의 2차 측 전압을 55kV에서 29kV로 낮추어 GIS 절연을 72.5kV급에서 29kV급으로 낮추는 것을 특징으로 하는 AT 기능형 주변압기 급전시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 변압부는,

상기 제1 단상 변압기의 1차 권선 중간점에서 인출한 배선을 상기 제2 단상 변압기의 1차 권선 한 단자와 연결하고;

상기 제2 단상 변압기의 1차 권선의 $\sqrt{3}/2$ 지점에서 탭을 낸 단자와 상기 제1 단상 변압기의 1차 권선 중간점을 연결하며;

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 나머지 단자들을 3상 전원의 각 상에 연결하여 상 변환 결선을 구성하고;

상기 상 변환 결선을 통해 3상 전원의 불평형을 최소화하는 것을 특징으로 하는 AT 기능형 주변압기 급전시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 전차선로부는,

상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점들을 레일과 직접 연결하고;

상기 중성점과 레일의 직접 연결을 통해 귀선 전류가 대지로 우회하지 않고 레일을 통해 변전소로 귀환하도록 하며, 상기 귀선 전류의 레일 귀환으로 인해 통신선 유도장해와 대지 전위 상승을 저감하고, 상기 전차선과 급전선 사이에 55kV의 전압을 유지하면서 각각 대지간 전압을 27.5kV로 유지하여 전력 공급의 안정성을 확보하는 것을 특징으로 하는 AT 기능형 주변압기 급전시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 주변압기 2차측 중성점을 설치하여 변전소 내 단권변압기(AT)를 생략할 수 있는 AT 기능형 주변압기 급전시스템 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 발명은 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 기존 급전시스템의 문제점을 해결하고 효율성, 안전성, 경제성을 크게 향상시킨 새로운 형태의 급전 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

[0003] 전기철도는 현대 대중교통의 중추적인 역할을 담당하고 있으며, 환경 친화적이고 에너지효율적이며 대량 운송 수단으로 각광받고 있다. 그러나 기존의 전기철도 급전 시스템은 여러 가지 심각한 문제점들을 안고 있어 개선이 시급한 실정이다.

[0004] 먼저, 현재 시스템은 주변압기 2차측에 단상 55kV 전원이 인출되기 때문에 전기차량에서 사용되는 27.5kV 전원을 공급하기 위해서는 변전소 내에 별도의 단권변압기(AT)를 설치해야 하는 문제가 있다. 이로 인해 기기비용은 물론 변전소의 크기가 커지고 복잡해져 건설 비용이 크게 증가하며, 도심 지역에서는 부지 확보의 어려움으로 인해 새로운 변전소 건설 자체가 불가능한 경우도 발생한다. 또한, 단권변압기의 설치와 유지보수에 추가적인 비용이 소요되어 전기철도 운영 비용을 증가시키는 주요 요인 중 하나가 되고 있다.

[0005] 또한, 기존 시스템에서는 72.5kV급의 높은 GIS(Gas Insulated Switchgear) 절연 레벨을 사용하고 있다. 이로 인해 GIS 설비의 비용이 증대되고 크기가 커지고 무거워져, 설치 및 유지보수 비용을 크게 증가시키는 문제가 있다. 더불어 높은 절연 레벨은 높은 안전성이 요구되고 많은 SF6 가스 사용으로 온실가스로 인한 환경 문제를 야기한다.

[0006] 전력 품질 측면에서도 기존 시스템은 여러 가지 문제점을 안고 있다. 전압 변동이 심해 전기철도의 안정적인 운행에 지장을 주며, 고조파 발생으로 인해 전력 계통의 안정성이 저하되는 문제가 있다. 또한, 역률 저하로 인한 전력 손실 증가와 순간 전압 강하 현상 등이 빈번히 발생하여 전기철도의 안정적인 운영을 방해한다.

[0007] 유지보수 측면에서도 기존 시스템은 여러 가지 어려움을 안고 있다. 대형 설비들로 인해 유지보수 작업이 복잡하고 위험하며, 고장 발생 시 고장 범위가 커져서 전기철도 운행에 심각한 차질을 빚게 된다. 또한, 부품 교체가 어려워 유지보수에 많은 시간과 비용이 소요되며, 정밀한 진단과 예방 정비가 어려워 고장의 사전 예방이 쉽지 않다.

[0008] 또한, 해외 선진철도 급전방식과 비교할때 조속히 선진화된 새로운 기술을 정착시켜서 해외시장 진출을 모색할 필요가 있다.

[0009] 이러한 문제점들로 인해 전기철도의 효율적 운영과 확장에 큰 어려움을 겪고 있으며, 이는 결과적으로 전기철도의 경쟁력 저하와 운영 비용 증가로 이어지고 있다. 따라서 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 새로운 형태의 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템의 개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

[0010] 따라서, 기존의 급전방식을 대체하여, 변전소내 단권변압기(AT)를 생략할 수 있으며, GIS 절연 레벨을 낮추고, 안전성 및 전원공급의 신뢰성을 높일 수 있는 새로운 형태의 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템을 개발할 필요가 발생하였다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제1843652호
- (특허문헌 0002) 한국등록특허 제1546786호

(특허문헌 0003) 한국등록특허 제1152050호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 그 목적은 다음과 같다.
- [0013] 첫째, 변전소 내 단권변압기(AT)를 생략하여 변전소의 크기를 줄이고 설비를 간소화하고 변전소를 콤팩트화하여 건설비를 절감하는 것이다.
- [0014] 둘째, GIS 절연 레벨을 낮추어 설비의 소형화 및 비용 절감을 실현하는 것이다.
- [0015] 셋째, 전력 품질을 개선하여 안전성 및 공급전원의 신뢰성을 향상시켜 전기철도의 안정적인 운영을 보장하는 것이다.
- [0016] 넷째, 유지보수의 편의성을 높여 운영 비용을 절감하고 시스템의 가용성을 향상시키며 신기술을 정착시켜 해외 철도 시장 진출을 모색하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예는 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템을 이용한 급전 방식에 있어서, 각각 설치된 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기를 2개의 분리된 제1 합체와 제2 합체로 구성하는 단계; 상기 제1 합체의 제1 단상 변압기와 제2 합체의 제2 단상 변압기의 2차 권선에 각각 중성점을 형성하여 직접 접지하는 단계; 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측에 기존의 55kV에서 각각 2×25kV 방식으로 급전하는 단계; 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점 직접 접지로 인해 주변압기 내 단권변압기(AT)를 생략하는 단계; 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 전압을 55kV에서 29kV로 낮추어 GIS 절연을 72.5kV급에서 29kV급으로 낮추는 단계;를 포함한다.
- [0018] 변전소 내 단권변압기(AT)를 생략하는 단계는, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 권선 각각에 중성점을 직접 접지함으로써 전차선과 급전선 사이의 전압을 55kV로 유지하면서 각각 대지간 전압을 27.5kV로 유지하는 단계; 상기 중성점 직접 접지를 통해 귀선 전류의 일부를 대지로 흐르게 하여 레일 전위 상승을 억제하는 단계;를 포함한다.
- [0019] 변전소 내 단권변압기(AT)를 생략하는 단계는, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측에 중성탭을 설치하여 각각 2×25kV 방식으로 급전함으로써, 전차선과 급전선 사이에 55kV의 전압을 유지하고 2개상에서 생성된 2차측 AC 2x25kV 전원을 전기차량에 직접 공급하기 때문에 기존 급전방식에서 2차측 55kV를 27.5kV로 낮추기 위해 필요한 단권변압기(AT)를 생략할 수 있어서 기기비용 및 변전소 건설비용 그리고 유지보수 비용이 대폭 절감되는 단계를 포함한다.
- [0020] 변전소 내 단권변압기(AT)를 생략하는 단계는, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점을 레일과 직접 연결하는 단계;로서, 상기 중성점과 레일의 직접 연결을 통해 귀선 전류가 대지로 우회하지 않고 레일을 통해 변전소로 귀환하도록 하고, 상기 귀선 전류의 레일 귀환으로 인해 통신선 유도장해와 대지 전위 상승을 저감한다.
- [0021] 본 발명은 AT 기능형 주변압기 급전시스템에 있어서, 3상 전원을 수전하는 수전부; 상기 수전부와 전기적으로 연결되며, 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기를 포함하는 변압부로서, 상기 제1 단상 변압기는 제1 합체 내에 설치되고, 상기 제2 단상 변압기는 제2 합체 내에 설치되며, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기는 각각 1차 권선과 2차 권선을 포함하고, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 1차 권선들은 상 변환 결선 방식으로 상기 수전부의 3상 전원에 연결되며, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 권선들은 각각 중성점을 중심으로 대칭되게 분할 구성되는 변압부; 상기 변압부의 2차 권선들과 전기적으로 연결되는 급전부로서, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 권선 중성점들을 직접 접지하고, 상기 2차 권선들로부터 2×25kV 방식으로 전력을 공급받아 전차선과 급전선으로 급전하는 급전부; 상기 급전부와 전기적으로 연결되는 전차선로부로서, 상기 급전부로부터 전력을 공급받는 전차선, 상기 전차선과 평행하게 설치되는 급전선, 귀선 전류가 흐르는 레일을 포함하며, 상기 전차선과 급전선 사이에 55kV의 전압이 인가되고, 상기 전차선 및 급전선 각각의 대지간 전압이 27.5kV로 유지되는 전차선로부; 상기 변압부, 급전부 및 전차선로부의 동작을 제어하는 제어부;

를 포함하며, 상기 제어부는, 상기 변압부의 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점 직접 접지를 통해 2×25kV로 급전함으로써, 변전소 내 단권변압기(AT)의 기능을 대체하고, 상기 전차선로부의 레일을 통한 귀선 전류의 변전소 귀환을 제어하여 통신선 유도장해와 대지 전위 상승을 저감하고, 상기 변압부의 2차 측 전압을 55kV에서 29kV로 낮추어 GIS 절연계급을 72.5kV급에서 29kV급으로 낮춘다.

[0022] 상기 변압부는, 상기 제1 단상 변압기의 1차 권선 중간점에서 인출한 배선을 상기 제2 단상 변압기의 1차 권선 한 단자와 연결하고; 상기 제2 단상 변압기의 1차 권선의 $\sqrt{3}/2$ 지점에서 탭을 낸 단자와 상기 제1 단상 변압기의 1차 권선 중간점을 연결하며; 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 나머지 단자들을 3상 전원의 각 상에 연결하여 상 변환 결선을 구성하고; 상기 상 변환 결선을 통해 3상 전원의 불평형을 최소화한다.

[0023] 상기 급전부는, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점들을 직접 접지함으로써 전차선과 급전선 사이의 전압을 55kV로 유지하면서 각각 대지간 전압을 27.5kV로 유지하며;

[0024] 상기 중성탭 설치로 2차측 전압 2×27.5kV가 인출되므로 단권변압기 기능히 대체되며;

[0025] 상기 중성점 직접 접지를 통해 귀선 전류의 일부를 대지로 흐르게 하여 레일 전위 상승을 억제한다.

[0026] 상기 전차선로부는 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점들을 레일과 직접 연결하고; 상기 중성점과 레일의 직접 연결을 통해 귀선 전류가 대지로 우회하지 않고 레일을 통해 변전소로 귀환하도록 하며, 상기 귀선 전류의 레일 귀환으로 인해 통신선 유도장해와 대지 전위 상승을 저감하고, 상기 전차선과 급전선 사이에 55kV의 전압을 유지하면서 각각 대지간 전압을 27.5kV로 유지하여 전력 공급의 안정성을 확보한다.

[0027]

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템 및 그 방법은 다음과 같은 효과를 가진다.

[0029] 1. 주변압기 2차측 중성탭 설치로 2×25kV 급전방식을 채택하여 전철변전소 내 단권변압기(AT)를 생략함으로써 설비가 간소화되고 변전소가 콤팩트화 되어 초기 투자 비용 및 운영 비용이 크게 절감된다.

[0030] 2. GIS 절연 레벨을 72.5kV급에서 29kV급으로 낮춤으로써 안전성이 증대되고 설비의 소형화가 가능해지며, SF6 가스 사용량이 감소하여 환경 문제 해결에 기여한다.

[0031] 3. 전력 품질이 개선되어 전압 변동, 고조파, 역률 문제 등 전원공급의 신뢰성을 향상시켜 전기철도의 안정적인 운행이 가능해진다.

[0032] 4. AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템 유지보수의 편의성이 높아져 운영 비용이 절감되고 시스템의 가용성을 향상시키고 신기술 정착으로 해외철도 시장 진출이 모색된다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1 a는 종래 발명을 구현하는 선로 구성요소와 급전시스템의 변전소 복선도를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 1b는 본 발명에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 2 a, b, c는 본 발명의 일 실시예에 따른 (a) AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템과 (b) 급전시스템 변경 사항(<당초; 종래>, <변경; 본 발명>)과 (c) 전차선로 등가회로를 구현하는 회로를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템을 구현하는 주변압기 종류에 따른 모의계통 단선도를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템의 주변압기 종류에 따른 모의계통 단선도를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에서 M좌 가압 시 SS-SSP1 구간에 부하가 위치했을 때의 전류 분포를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에서 T좌 가압 시 SS-SSP1 구간에 부하가 위치했을 때의 전류 분포를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에서 M좌 가압 시 SSP1-SSP2 구간에 부하가 위치했을 때의 전류 분포를 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에서 T좌 가압 시 SSP1-SSP2 구간에 부하가 위치했을 때의 전류 분포를 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에서 M좌 가압 시 SSP2-SP 구간에 부하가 위치했을 때의 전류 분포를 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명에 따른 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에서 T좌 가압 시 SSP2-SP 구간에 부하가 위치했을 때의 전류 분포를 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 2차(저압) 측 결과 ?? 제2 단상 변압기 시험 그래프를 나타내는 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 1차(고압) 측 결과 ?? 제2 단상 변압기 시험 그래프를 나타내는 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 2차(저압) 측 결과 ?? 제1 단상 변압기 시험 그래프를 나타내는 도면이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 1차(고압) 측 결과 ?? 제1 단상 변압기 시험 그래프를 나타내는 도면이다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 2차(저압) 측 결과 ?? 154kV 측 시험 그래프를 나타내는 도면이다.

도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 1차(고압) 측 결과 ?? 154kV 측 시험 그래프를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 상기한 바와 같은 본 발명을 첨부된 도면들과 실시예들을 통해 상세히 설명하도록 한다.
- [0035] 본 발명에서 사용되는 기술적인 용어가 본 발명의 사상을 유사하게 표현하는 기술적 용어일 때에는, 당업자가 올바르게 이해할 수 있는 기술적 용어로 대체되어 이해되어야 할 것이다(예 : ~ 모듈, ~ 서버, ~부).
- [0036] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소 및 기능은 동일한 참조 번호를 부여하고 특정 기능을 갖는 모듈, 서버, ~부, 수단, 장치 등으로서 기능한다.
- [0037] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.
- [0038] 이 때, 각 실시예를 설명하는 구별 번호로 나뉘어진 각 기능 설명은 이러한 설명에 따른 기능 또는 모듈을 포함함을 뜻한다. 또한, 이러한 기능 또는 모듈들은 본 발명에 네트워크로 유기적으로 연결된다.
- [0039] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0040] 이 때, 각 실시예를 설명하는 구별 번호로 나뉘어진 각 기능 설명은 이러한 설명에 따른 기능 또는 모듈을 포함함을 뜻한다. 또한, 이러한 기능 또는 모듈들은 본 발명에 네트워크로 유기적으로 연결된다.
- [0041] 본 발명은 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에 관한 것으로, 기존의 대형 상 변환 변압기를 대체하고 변전소 내 단권변압기(AT)를 생략할 수 있는 장치 및 방법을 제안한다.
- [0042] 본 발명은 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템에 있어서, 3상 전원을 수전하는 수전부; 상기 수전부와 전기적으로 연결되며, 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기를 포함하는 변압부로서, 상기 제1 단상 변압기는 제1 합체 내에 설치되고, 상기 제2 단상 변압기는 제2 합체 내에 설치되며, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기는 각각 1차 권선과 2차 권선을 포함하고, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 1차 권선들은 상 변환 결선 방식으로 상기 수전부의 3상 전원에 연결되며, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 권선들은 각각 중성점을 중심으로 대칭되게 분할 구성되는 변압부; 상기 변압부의 2차 권선들과 전기적으로 연결되는 급전부로서, 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 권선 중성점들을 직접 접지하고, 상기 2차 권선들로부터 2×25kV 방식으로 전력을 공급받아 전차선과 급전선으로 급전하는 급전부; 상기 급전부와 전기적으로 연결되는 전차선로로서, 상기 급전부로부터 전력을 공급받는 전차선, 상기 전차선과 평행하게 설치되는 급전선, 귀선 전류가 흐르는 레일을 포함하며, 상기 전차선과 급전선 사이에 55kV의 전압이 인가되고, 상기 전차선 및

급전선 각각의 대지간 전압이 27.5kV로 유지되는 전차선로부; 상기 변압부, 급전부 및 전차선로부의 동작을 제어하는 제어부;를 포함하며, 상기 제어부는, 상기 변압부의 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점 직접 접지를 통해 변전소 내 단권변압기(AT)의 기능을 대체하고, 상기 급전부의 2×25kV 방식 급전을 통해 전차선로부의 레일을 통한 귀선 전류의 변전소 귀환을 제어하여 통신선 유도장해와 대지 전위 상승을 저감하고, 상기 변압부의 2차 측 전압을 55kV에서 29kV로 낮추어 GIS 절연을 72.5kV급에서 29kV급으로 낮춘다.

- [0043] 구체적으로 살펴보면, 본 발명은 제1 단상 변압기(100)와 제2 단상 변압기(200)를 각각 독립된 합체에 분리 설치하는 것이다.
- [0044] 제1 단상 변압기(100)는 독립된 제1 합체 내에 설치되며, 1차 권선과 2차 권선으로 구성된다. 1차 권선은 상 변환 결선 방식으로 3상 전원에 연결되어 3상 전원의 불평형을 최소화한다. 2차 권선은 중성점을 설치하여 대칭되게 분할 구성되며, 이 중성점은 직접 접지되어 단권변압기(AT)의 기능을 대체한다.
- [0045] 제2 단상 변압기(200) 역시 독립된 제2 합체 내에 설치되며, 제1 단상 변압기(100)와 마찬가지로 1차 권선과 2차 권선으로 구성된다. 1차 권선은 상 변환 결선의 일부를 형성하여 3상 전원의 불평형을 최소화하는 데 기여한다. 2차 권선은 제1 단상 변압기(100)와 동일하게 중성점을 중심으로 대칭되게 분할 구성되며, 이 중성점 역시 직접 접지되어 단권변압기(AT)의 기능을 수행한다.
- [0046] 먼저, 중성점 직접 접지를 통해 변전소 내 단권변압기(AT)를 생략할 수 있어 시스템이 간소화되고 비용이 절감된다. 또한, 2×25kV 방식 급전을 통해 전차선과 급전선 사이에 55kV의 전압차를 유지하여 기존 시스템과 동일한 전압 구성을 제공한다.
- [0047] GIS 절연 레벨 저감은 본 발명의 또 다른 중요한 특징이다.
- [0048] 2차 측 전압이 55kV에서 27.5kV로 낮아짐에 따라 GIS의 절연 레벨을 72.5kV급에서 29kV급으로 낮출 수 있어 GIS 설비의 소형화와 비용 절감이 가능해진다. 이는 변전소 전체의 크기를 줄이고 설치 비용을 절감하는 데 크게 기여한다.
- [0049] 2x25kV 급전방식으로 중성점과 레일의 직접 연결을 통해 귀선 전류가 레일을 통해 변전소로 귀환하도록 함으로써 통신선 유도장해와 대지 전위 상승을 저감할 수 있다. 이는 전기철도 시스템의 안정성과 신뢰성을 크게 향상시키는 요소이다.
- [0050] 본 발명의 구현은 여러 단계를 거쳐 이루어진다. 먼저 제1 단상 변압기(100)와 제2 단상 변압기(200)를 각각 독립된 합체에 설치한다. 그 다음 두 변압기의 1차 권선을 상 변환 결선 방식으로 연결하고, 각 변압기의 2차 권선 중성점을 직접 접지한다. 이후 2차 권선의 양 끝단을 각각 전차선과 급전선에 연결하고, 기존의 72.5kV급 GIS를 29kV급 GIS로 교체한다.
- [0051] 본 발명은 변전소의 크기를 줄이고, 설비를 간소화하며, 에너지 효율을 높이는 등 다양한 이점을 제공한다. 또한 안전성과 신뢰성을 크게 향상시켜 전기철도 운영의 안정성을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.
- [0052] 특히 본 발명은 기존의 변전소 내에 단권변압기(AT)를 대체함으로써 변전소의 구조를 크게 간소화한다. 이는 변전소 건설 및 유지보수 비용을 크게 절감할 수 있는 요인이 된다. 또한 GIS 절연 레벨의 저감을 통해 변전소 설비의 소형화가 가능해져 도심 지역에서의 변전소 설치가 용이해지는 이점도 있다.
- [0053] 도 2 a, b, c와 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 AT 기능형 주변압기 급전시스템은 기존 전기철도 급전 시스템의 여러 문제점을 해결하고 효율성을 크게 향상시키는 기술이다. 이를 위해 주변압기 내 단권변압기(AT)를 생략하고, 2×25kV 방식으로 급전하며, 귀선 전류를 효과적으로 제어하는 것이다.
- [0054] 먼저, 주변압기 내 단권변압기(AT)를 생략하는 방법에 대해 살펴보자. 이는 제1 단상 변압기(100)와 제2 단상 변압기(200)의 2차 측 중성점을 직접 접지함으로써 가능해진다. 각 변압기의 2차 권선은 중성점을 중심으로 대칭되게 분할 구성되며, 이 중성점들은 변전소의 주접지망과 직접 연결된다.
- [0055] 중성점 직접 접지로 인해 전차선과 급전선 사이의 전압은 55kV로 유지되면서 각각 대지간 전압은 27.5kV로 유지된다. 이는 2차 권선의 양 끝단에서 각각 27.5kV와 27.5kV를 출력하고, 전차선과 급전선에 27.5kV를 인가함으로써 달성된다. 결과적으로 전차선과 급전선 사이에는 55kV의 전압차가 발생한다.
- [0056] 또한, 중성점 직접 접지를 통해 귀선 전류의 일부를 대지로 흐르게 하여 레일 전위 상승을 억제한다. 이를 위해 레일을 변압기 중성점과 연결하고, 레일의 전위 상승을 모니터링한다.

- [0057] 귀선 전류 제어는 본 발명의 또 다른 중요한 특징이다. 제1 단상 변압기(100)와 제2 단상 변압기(200)의 2차 측 중성점을 레일과 직접 연결함으로써, 귀선 전류가 대지로 우회하지 않고 레일을 통해 변전소로 귀환하도록 한다.
- [0058] 본 발명의 AT 기능형 주변압기 급전시스템은 기존 급전 시스템의 여러 문제점들을 효과적으로 해결하면서도 더 나은 성능과 효율성을 제공한다. 변전소의 크기를 줄이고, 설비를 간소화하며, 에너지 효율을 높이는 등 다양한 이점을 제공한다.
- [0059] 특히 변전소 내 단권변압기(AT)를 생략함으로써 변전소의 구조를 크게 간소화하고, 2×25kV 방식 급전을 통해 급전 거리를 증가시키며, 효과적인 귀선 전류 제어를 통해 시스템의 안정성을 높인다.
- [0060] 도 2 c에 도시된 바와 같이, 본 발명의 AT 기능형 주변압기 급전시스템의 전차선로 등가회로를 보여준다.
- [0061] 상기 등가회로는 전차선로의 전기적 특성을 간단히 모델링한 것으로, 시스템의 동작 원리와 특성을 이해하는 데 중요한 역할을 한다.
- [0062] 상기 등가회로는 크게 세 부분으로 나눌 수 있다. 첫째로 TF group (Trolley-Feeder group)은 전차선과 급전선을 나타내며, 둘째로 Rail group은 레일을, 셋째로 AF group (Auxiliary Feeder group)은 보조 급전선을 나타낸다.
- [0063] 각 그룹의 구성 요소를 살펴보면, TF group에는 전차선의 임피던스 Z_{TT} , 급전선의 임피던스 Z_{FF} , 전차선과 급전선 사이의 상호 임피던스 Z_{TF} 가 포함된다.
- [0064] Z_{TT} 는 저항-인덕턴스 직렬 연결인 $R_{TT} + j\omega L_{TT}$ 는 전차선의 저항과 인덕턴스를 나타내며, 커패시턴스 $j\omega C_{TR}$ 은 전차선과 레일 사이의 정전 용량을 나타낸다. 우측 하단에는 각 파라미터의 정의가 제시되어 있다.
- [0065] 본 등가회로 모델의 의의는 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템의 전기적 특성을 간단하면서도 효과적으로 표현한다는 점이다.
- [0066] 결론적으로, 도 2b에 나타난 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템의 전차선로 등가회로 모델은 시스템의 전기적 특성을 효과적으로 표현하고 있다.
- [0067] 이 모델을 통해 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템의 장점, 특히 도 3과 같은 단권변압기(AT)의 기능을 주변압기에 통합함으로써 얻을 수 있는 시스템 간소화와 효율 향상의 효과를 이 등가회로를 통해 분석하고 검증할 수 있다.
- [0068] 이하 표 1과 같은 단권변압기(AT)의 기능을 주변압기에 통합한 시뮬레이션 조건에 따른 결과를 자세히 설명한다.

표 1

구분		변압기 종류	가압상	부하위치 (각 선로 50%지점)	부하량	
Case 1	Case 1-1	종래 변압기	M좌	SS-SSP1 (F3)	6.76MVA (cos=0.92) 부하전류 약 260A	
	Case 1-2	AT 기능형 변압기				
Case 2	Case 2-1	종래 변압기		SSP1-SSP2 (F3)		
	Case 2-2	AT 기능형 변압기				
Case 3	Case 3-1	종래 변압기		SSP2-SP (F3)		
	Case 3-2	AT 기능형 변압기				
Case 4	Case 4-1	종래 변압기		T좌		SS-SSP1 (F3)
	Case 4-2	AT 기능형 변압기				
Case 5	Case 5-1	종래 변압기	SSP1-SSP2 (F3)			
	Case 5-2	AT 기능형 변압기				
Case 6	Case 6-1	종래 변압기	SSP2-SP (F3)			
	Case 6-2	AT 기능형 변압기				

[0069]

[0070]

도 4에 도시된 바와 같이, 주변압기 종류에 따른 모의계통 단선도로서, 전차선로의 전류분포를 분석하는 방법에 대해 특정 사례를 예시로 들어 나타 내었다.

[0071]

부하가 위치한 구간을 포함하여 단위 급전계통 (SS-SSP1-SSP2-SP) 내 흐르는 모든 분기 전류의 크기와 방향을 확인하였으며 변전소의 각 급전반에 위치한 CT에 흐르는 전류 의 크기를 비교하여 주변압기 대체 시 영향을 분석하였다.

[0072]

도 5에 도시된 바와 같이, M좌 가압 시 SS-SSP1 구간에 부하가 위치하였을 때 각 주변압기를 통 해 공급받는 동일한 전철급전계통에서 흐르는 전류를 분석한 결과를 나타낸다.

[0073]

도 6에 도시된 바와 같이, SS-SSP1 부하위치, T좌 가압 시 주변압기 종류에 따른 전류분포로서, T좌 가압 시 SS-SSP1 구간에 부하가 위치하였을 때 각 주변압기를 통해 공급받는 동일한 전철급전계통에서 흐르는 전류를 분석한 결과를 나타낸다.

[0074]

도 7에 도시된 바와 같이, SSP1-SSP2 부하위치, M좌 가압 시 주변압기 종류에 따른 전류분포로서, M좌 가압 시 SSP1-SSP2 구간에 부하가 위치하였을 때 각 주변압기를 통해 공급받는 동일한 전철급전계통에서 흐르는 전류를 분석한 결과를 나타낸다.

[0075]

도 8에 도시된 바와 같이, SSP1-SSP2 부하위치, T좌 가압 시 주변압기 종류에 따른 전류분포로서, T좌 가압 시 SSP1-SSP2 구간에 부하가 위치하였을 때 각 주변압기를 통해 공급받는 동일한 전철급전계통에서 흐르는 전류를 분석한 결과를 나타낸다.

[0076]

도 9에 도시된 바와 같이, SSP2-SP 부하위치, M좌 가압 시 주변압기 종류에 따른 전류분포로서, M좌 가압 시 SSP2-SP 구간에 부하가 위치하였을 때 각 주변압기를 통 해 공급받는 동일한 전철급전계통에서 흐르는 전류를 분석한 결과를 나타낸다.

[0077]

도 10에 도시된 바와 같이, SSP2-SP 부하위치, T좌 가압 시 주변압기 종류에 따른 전류분포로서, T좌 가압 시 SSP2-SP 구간에 부하가 위치하였을 때 각 주변압기를 통 해 공급받는 동일한 전철급전계통에서 흐르는 전류를 분석한 결과를 나타낸다.

[0078]

정리하면, 본 발명은 AT 기능형 주변압기 급전시스템에서 주변압기 종류에 따른 전류 분포를 분석하여 시스템의 효율성과 안정성을 향상시키는 방법에 관한 것이다.

[0079]

본 발명에서는 단위 급전계통(SS-SSP1-SSP2-SP) 내의 다양한 부하 위치와 가압 조건에 따른 전류 분포를 상세히 분석하였다.

- [0080] 먼저, SS-SSP1, SSP1-SSP2, SSP2-SP 등 다양한 구간에 부하가 위치할 때의 전류 분포를 분석함으로써, 부하 위치가 전체 시스템의 전류 흐름에 미치는 영향을 파악할 수 있었다. 이는 효율적인 급전 시스템 설계 및 운영에 중요한 정보를 제공한다.
- [0081] 또한, M좌 가압과 T좌 가압 시의 전류 분포를 비교 분석함으로써, 가압 방식이 전류 흐름에 미치는 영향을 확인할 수 있었다. 이를 통해 각 상황에 적합한 최적의 가압 방식을 선택할 수 있는 기준을 마련할 수 있다.
- [0082] 또한, 기존의 주변압기와 새로운 주변압기를 적용했을 때의 전류 분포 차이를 분석함으로써, 주변압기 교체 시스템 전체에 미치는 영향을 예측할 수 있었다. 이는 주변압기 선택 및 교체 시 중요한 판단 기준이 될 수 있다.
- [0083] 그리고, 각 상황에서 변전소 급전반의 CT에 흐르는 전류를 비교 분석함으로써, 주변압기 교체가 변전소 설비에 미치는 영향을 파악할 수 있었다. 이는 변전소 설비의 용량 산정 및 보호 설정에 중요한 정보를 제공한다.
- [0084] 마지막으로, 다양한 조건에서의 전류 분포를 종합적으로 분석함으로써, 전체 급전 시스템의 균형과 안정성을 평가할 수 있었다. 이를 통해 시스템의 취약점을 파악하고 개선 방안을 도출할 수 있다.
- [0085] 아래 표 2는 각 주변압기 종류와 모의에서 상정한 부하위치에 따른 피더 전류 크기를 나타낸 것이다. 즉, 주변압기 종류/부하위치에 따른 피더 전류 크기를 비교한 것이다.

표 2

구분		F3 전차선 전류 [A]		F3 급전선 전류 [A]		F4 전차선 전류 [A]		F4 급전선 전류 [A]	
M상, SS-SSP1	기존 Tr.	157.816		79.459		29.857		48.774	
	AT 기능형 Tr.	176.923	+19.107	58.038	-21.421	8.525	-21.332	28.026	-20.748
M상, SSP1-SSP2	기존 Tr.	105.155		86.982		22.069		40.290	
	AT 기능형 Tr.	112.202	+7.047	77.740	-9.242	30.347	+8.278	31.570	-8.72
M상, SSP2-SP	기존 Tr.	76.797		71.441		49.883		55.242	
	AT 기능형 Tr.	76.283	-0.514	70.312	-1.129	49.584	-0.299	54.246	-0.996
T상, SS-SSP1	기존 Tr.	156.459		78.778		29.598		48.355	
	AT 기능형 Tr.	190.643	+34.184	44.557	-34.221	5.345	-24.253	14.544	-33.811
T상, SSP1-SSP2	기존 Tr.	104.223		86.212		21.874		39.933	
	AT 기능형 Tr.	117.642	+13.419	72.439	-13.773	35.773	+13.899	26.151	-13.782
T상, SSP2-SP	기존 Tr.	76.111		70.803		49.437		54.749	
	AT 기능형 Tr.	88.573	+12.462	57.666	-13.137	62.326	+12.889	41.959	-12.79

- [0086]
- [0087] AT 기능형 주변압기 급전시스템의 피더 전류 특성을 분석한 결과, 본 발명에 따른 AT 기능형 변압기는 기존 변압기에 비해 더 높은 전류 공급 능력을 보여주었다.
- [0088] M좌의 SS-SSP1 구간에서 F3 전차선 전류가 157.816A에서 176.923A로 12.1% 증가하였으며, T좌의 SS-SSP1 구간에서는 156.459A에서 190.643A로 21.8% 증가하였다.
- [0089] 이는 AT 기능형 변압기가 전력 공급 능력 면에서 상당한 개선을 이루었음을 나타낸다.
- [0090] 부하 위치에 따른 전류 특성을 살펴보면, 변전소에서 멀어질수록 전류가 감소하는 경향을 확인할 수 있었다.
- [0091] M좌 AT 기능형의 경우, SS-SSP1 구간에서 176.923A, SSP1-SSP2 구간에서 112.202A, SSP2-SP 구간에서 76.283A로 전류가 점차 감소하였다.
- [0092] M좌와 T좌의 차이를 분석한 결과, AT 기능형에서 그 차이가 더 두드러지게 나타났다.
- [0093] SS-SSP1 구간에서 기존 변압기는 M좌와 T좌의 차이가 0.9%(157.816A vs 156.459A)에 불과했으나, AT 기능형에서는 7.2%(176.923A vs 190.643A)로 증가하였다.

- [0094] 이는 AT 기능형 시스템에서 M좌와 T좌의 역할이 더욱 차별화되었음을 시사한다.
- [0095] 구간별 특성을 살펴보면, 변전소에서 가장 먼 SSP2-SP 구간에서도 AT 기능형의 영향이 확인되었다.
- [0096] 이 구간에서 M좌는 기존 변압기 대비 -0.67%(76.797A vs 76.283A)의 미미한 차이를 보였으나, T좌에서는 16.4%(76.111A vs 88.573A)의 상당한 증가를 보였다.
- [0097] 이는 AT 기능형 시스템이 원거리 급전 성능 개선에도 효과적임을 나타낸다.
- [0098] 전류 분포의 균형 측면에서도 AT 기능형 변압기의 장점이 드러났다.
- [0099] M좌 SS-SSP1 구간에서, 기존 변압기는 F3 전차선과 F4 전차선 사이에 127.959A(157.816A vs 29.857A)의 차이를 보였다.
- [0100] 반면 AT 기능형에서는 이 차이가 168.398A(176.923A vs 8.525A)로 증가하였다.
- [0101] 이러한 분석 결과를 종합해볼 때, AT 기능형 주변압기 급전시스템은 여러 측면에서 기존 시스템보다 향상된 성능을 보여주고 있다.
- [0102] 전류 공급 능력의 향상, 원거리 급전 성능 개선, 전류 분포의 효율적 개선 등은 AT 기능형 시스템의 주요 장점으로 평가된다.
- [0103] 따라서, 상기 표 2에 의해 AT 기능형 변압기의 전류 공급 능력 향상을 정량적으로 평가할 수 있고, 부하 위치에 따른 전류 특성 변화를 파악하여 최적의 급전 전략을 수립할 수 있으며, M좌와 T좌 변압기의 특성 차이를 이해하여 효율적인 변압기 운용 방안을 마련할 수 있다.
- [0104] 한편, 본 발명의 일 실시예는 AT 기능형 주변압기 급전시스템을 이용한 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템을 이용한 급전 방법에 있어서, 각각 설치된 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기를 2개의 분리된 제1 합체와 제2 합체로 구성하는 단계; 상기 제1 합체의 제1 단상 변압기와 제2 합체의 제2 단상 변압기의 2차 권선에 각각 중성점을 형성하여 직접 접지하는 단계; 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측에 각각 2×25kV 방식으로 급전하는 단계; 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 중성점 직접 접지로 인해 주변압기 내 단권변압기를 생략하는 단계; 상기 제1 단상 변압기와 제2 단상 변압기의 2차 측 전압을 55kV에서 29kV로 낮추어 GIS 절연을 72.5kV급에서 29kV급으로 낮추는 단계;를 포함한다.
- [0105] 본 발명의 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템은 기존 급전 시스템의 여러 문제점들을 효과적으로 해결하면서도 더 나은 성능과 효율성을 제공한다. 변전소의 크기를 줄이고, 설비를 간소화하며, 에너지 효율을 높이는 등 다양한 이점을 제공한다. 특히 변전소 내 단권변압기를 생략함으로써 변전소의 구조를 크게 간소화하고, 2×25kV 방식 급전을 통해 급전 거리를 증가시키며, 효과적인 귀선 전류 제어를 통해 시스템의 안정성을 높인다.
- [0106] 따라서, 변전소 건설 및 유지보수 비용을 크게 절감할 수 있으며, 도심 지역에서의 변전소 설치가 용이해지는 등 여러 가지 실용적인 이점을 제공한다. 또한 에너지 효율 향상, 환경 영향 최소화 등을 통해 지속 가능한 발전에도 기여할 수 있다.
- [0107] 일실시예로서 본 발명의 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템의 효과적인 운영을 위해서는 변압부, 급전부, 전차선로부의 통합적인 제어가 필요하다.
- [0108] 예를 들어, 통합 제어 시스템은 변압기 상태 모니터링 및 제어, 급전 시스템 전압 및 전류 제어, 고장 검출 및 보호 기능, 전력 품질 관리, 에너지 효율 최적화 등의 기능을 수행한다.
- [0109] 또한, 본 발명의 AT 기능형 스코트결선 주변압기 급전시스템은 기존 급전 시스템의 여러 문제점들을 효과적으로 해결하면서도 더 나은 성능과 효율성을 제공한다. 변전소의 크기를 줄이고, 설비를 간소화하며, 에너지 효율을 높이는 등 다양한 이점을 제공한다.
- [0110] 특히 변전소 내 단권변압기를 생략함으로써 변전소의 구조를 크게 간소화하고, 2×25kV 방식 급전을 통해 급전 거리를 증가시키며, 효과적인 귀선 전류 제어를 통해 시스템의 안정성을 높인다.
- [0111] 한편, 도 11 내지 도 16에 도시된 바와 같이 본 발명에서는 45 MVA, 12.5%의 %임피던스를 갖는 AT 기능형 주변압기를 가정하여 시험하였다.
- [0112] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 2차(저압) 측 결과 ?? 제2 단상 변압기 시험 그래프를 나타내는 도면이다.

- [0113] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 1차(고압) 측 결과 ?? 제2 단상 변압기 시험 그래프를 나타내는 도면이다.
- [0114] 도 11과 도 12는 제2 단상 변압기에 대한 파라미터 검증 결과로서, 12.5%의 %임피던스에 해당하는 임피던스 전압 6.875 kV 인가 시, 1차 측 정격전류 및 2차 측 정격전류가 용이하게 출력됨으로써 %임피던스에 대한 변압기 자체 전압강하분이 반영됨을 확인할 수 있다.
- [0115] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 2차(저압) 측 결과 ?? 제1 단상 변압기 시험 그래프를 나타내는 도면이다.
- [0116] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 1차(고압) 측 결과 ?? 제1 단상 변압기 시험 그래프를 나타내는 도면이다.
- [0117] 도 13과 도 14는 12.5%의 %임피던스에 해당하는 임피던스 전압 6.875 kV 인가 시, 1차 측 정격전류 및 2차 측 정격전류가 용이하게 출력됨으로써 %임피던스에 대한 변압기 자체 전압강하분이 반영됨을 확인하였다.
- [0118] M상의 경우, 고압 측 정격전류가 145.35 A로 나타나는데, 이는 기존 변압기와 마찬가지로 프로그램 상 결선을 1뱅크로 모델링할 수 없기에 2뱅크로 나누어 모델링하는 상황에서 불가피한 부분이다. 3권선 변압기의 권선비가 77/77/55 kV 이므로 올바르게 모의 된 저압 측 정격전류 약 409 A에서 권선비 154/55 를 나누어 주면 146 A 가 고압 측 정격전류로 계산됨을 알 수 있다.
- [0119] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 2차(저압) 측 결과 ?? 154kV 측 시험 그래프를 나타내는 도면이다.
- [0120] 도 16은 본 발명의 일 실시예에 따른 1차(고압) 측 결과 ?? 154kV 측 시험 그래프를 나타내는 도면이다.
- [0121] 도 15와 도 16은 154 kV 고압 측에서 동일한 시험을 수행한 결과이다.
- [0122] 즉, 12.5%의 %임피던스에 해당하는 임피던스 전압 19.25 kV 인가 시, 1차 측 정격전류 및 2차 측 정격전류가 용이하게 출력됨으로써 %임피던스에 대한 변압기 자체 전압강하분이 반영됨을 확인하였다.
- [0123] 상기 시뮬레이션 결과와 같이 AT 기능형 주변압기의 자체 임피던스 전압강하분이 반영된 모델링이 수행되었음을 확인할 수 있으며, 향후 정상급전 및 연장급전 조건 하에서 부하 상태에 따른 전압강하 시뮬레이션 등 실제통 조건을 반영한 전력계통해석 시 실제에 가까운 결과를 도출하는데 기여할 수 있다.
- [0124] 따라서, 본 발명은 45 MVA 용량, 12.5% 임피던스를 갖는 AT 기능형 주변압기를 대상으로 한 포괄적인 시험 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.
- [0125] 먼저, 제1 및 제2 단상 변압기, 그리고 154kV 고압 측에 대해 1차(고압)측과 2차(저압)측의 시험을 수행하였다. 각각의 임피던스 전압(6.875 kV 및 19.25 kV) 인가 시, 모든 경우에서 정격전류가 정상적으로 출력되어 %임피던스에 따른 전압강하 특성이 정확히 반영됨을 확인하였다. 이는 본 발명의 변압기 설계가 다양한 전압 레벨에서 일관된 성능을 보임을 입증한다.
- [0126] 그리고, AT 기능형 주변압기의 자체 임피던스 전압강하 특성을 정확히 반영한 모델링이 수행되었음을 확인하였다. 이는 저압측(55kV)부터 고압측(154kV)까지 전 범위에 걸쳐 일관된 결과를 보여준다.
- [0127] 또한, 본 시험 결과는 정상급전 및 연장급전 조건에서의 부하 상태에 따른 전압강하 시뮬레이션 등 실제 전력계통 조건을 반영한 해석에서 높은 신뢰도의 결과를 얻을 수 있음을 시사한다. 이는 본 발명의 외함 상분리형 변압기가 실제 전기철도 시스템에 적용 가능한 수준의 성능을 갖추고 있음을 의미한다.
- [0128] 그리고, M상의 고압 측 정격전류 측정값(145.35 A)과 이론적 계산값(146 A)의 일치는 시뮬레이션 모델의 정확성을 재확인하며, 2뱅크 모델링의 타당성을 입증한다.
- [0129] 또한, 다양한 전압 레벨에서의 일관된 성능은 본 발명의 설계가 실제 적용 가능한 수준의 신뢰성과 정확성을 갖추고 있음을 보여준다. 이는 향후 전기철도 인프라의 효율성과 안정성 향상에 크게 기여할 수 있는 잠재력을 시사한다.

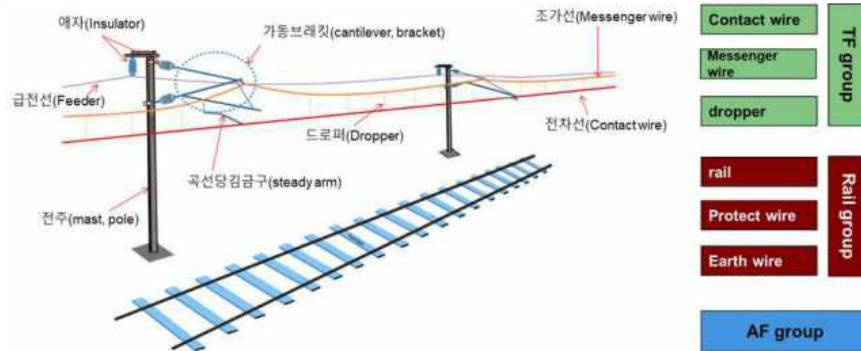
부호의 설명

- [0130] 100 : 제1 단상 변압기
- 200 : 제2 단상 변압기
- Z_{TT}: 전차선의 임피던스
- Z_{FF} : 급전선의 임피던스

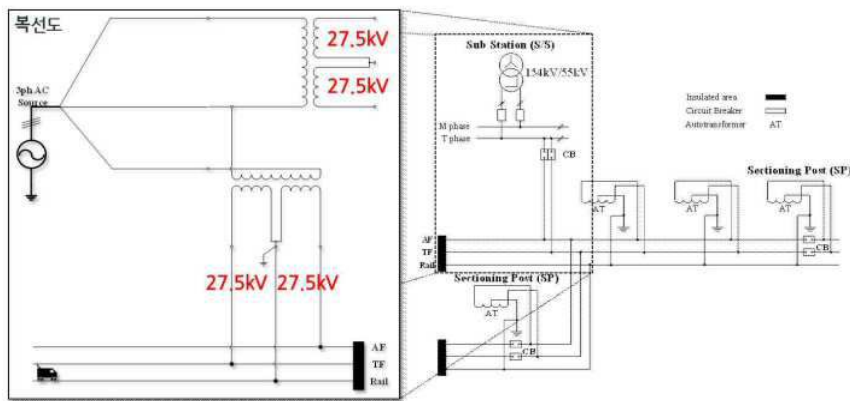
Z_{TF} : 전차선과 급전선 사이의 상호 임피던스

도면

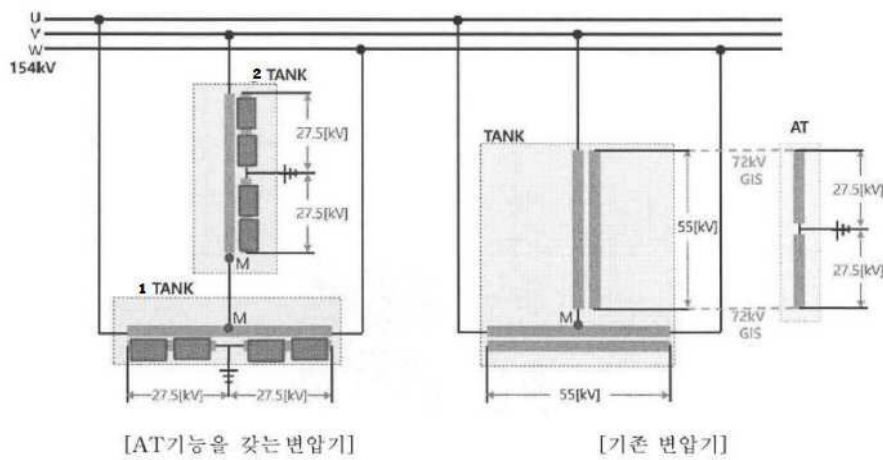
도면1a



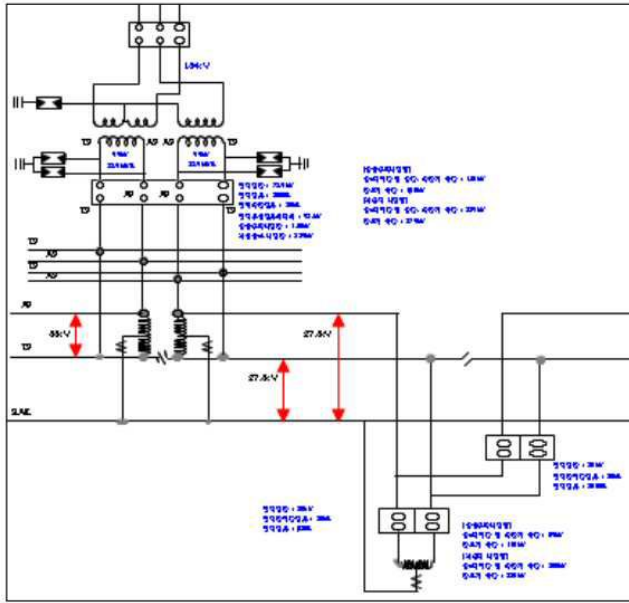
도면1b



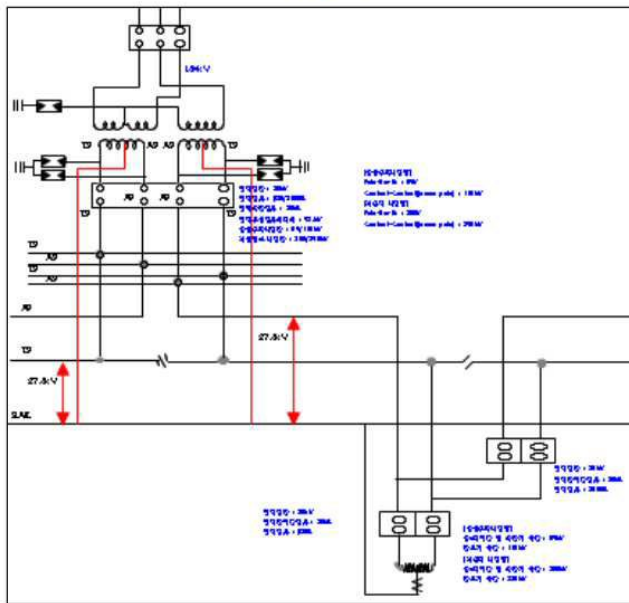
도면2a



도면2b

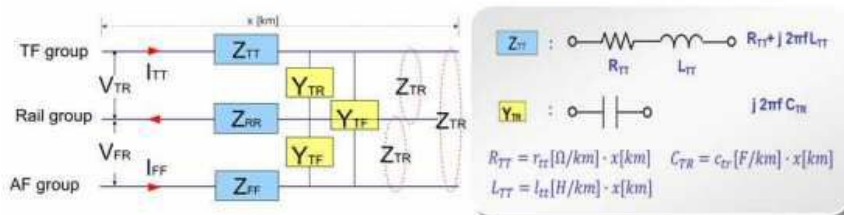


< 당 초 >

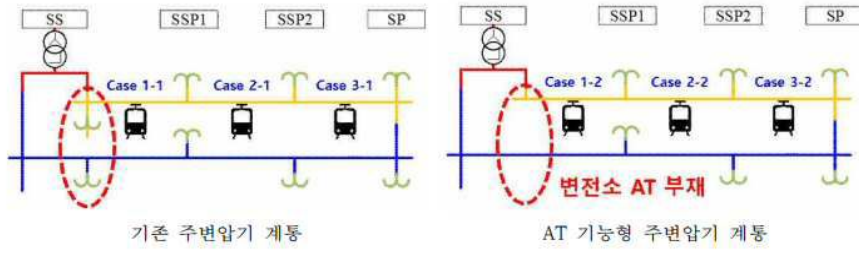


< 변 경 >

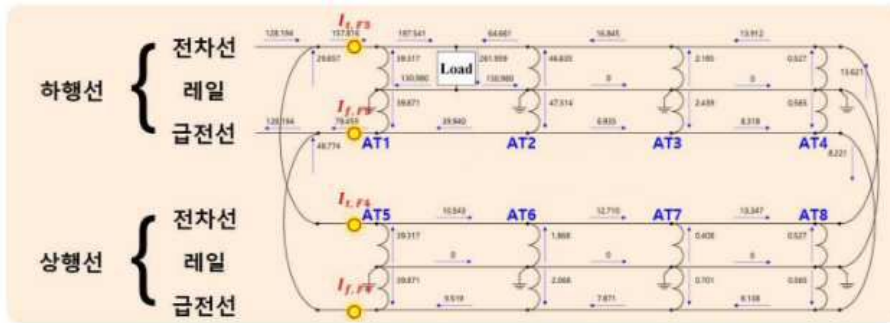
도면2c



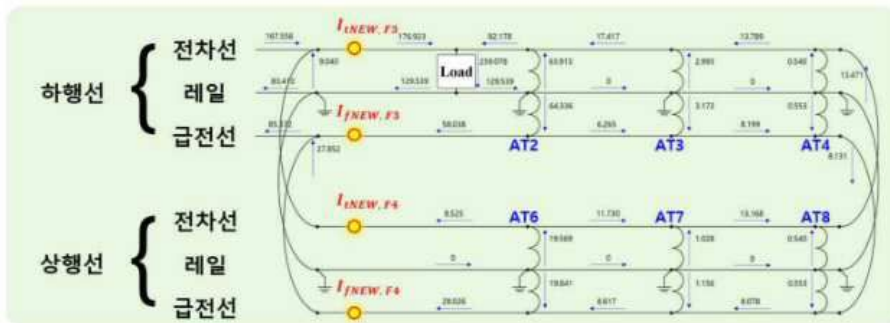
도면3



도면4

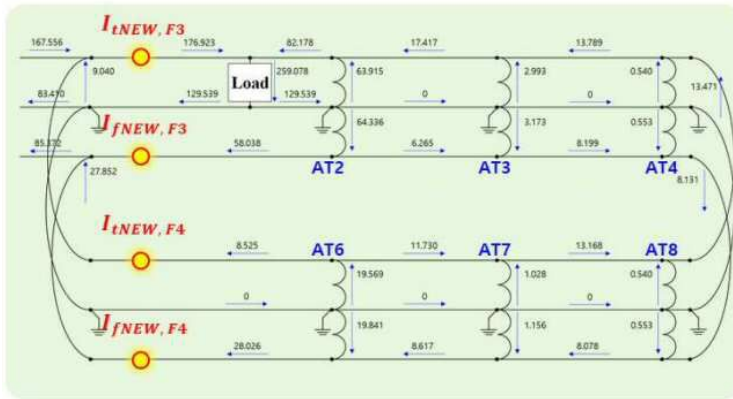
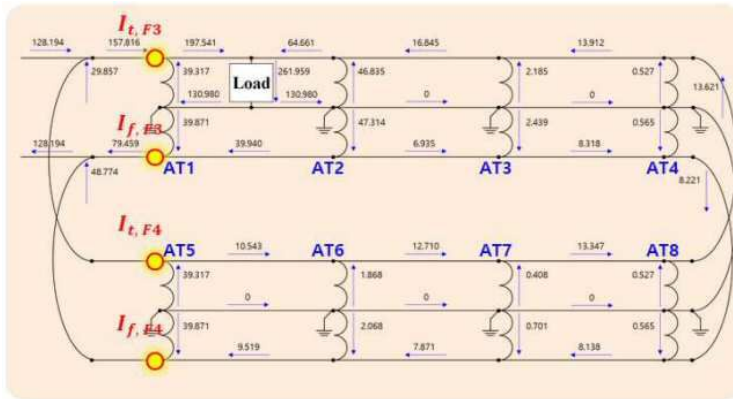


(a)

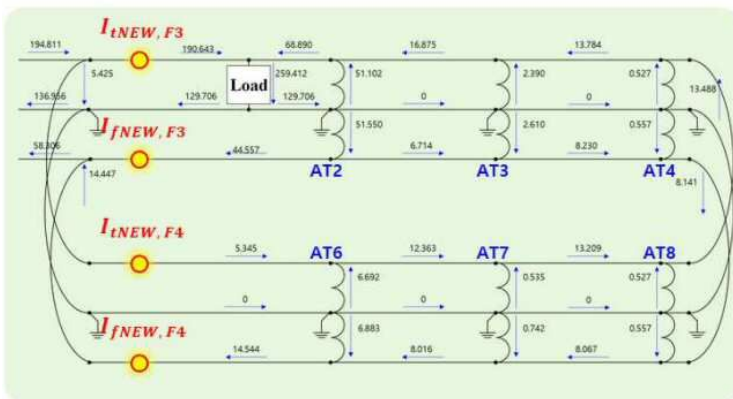
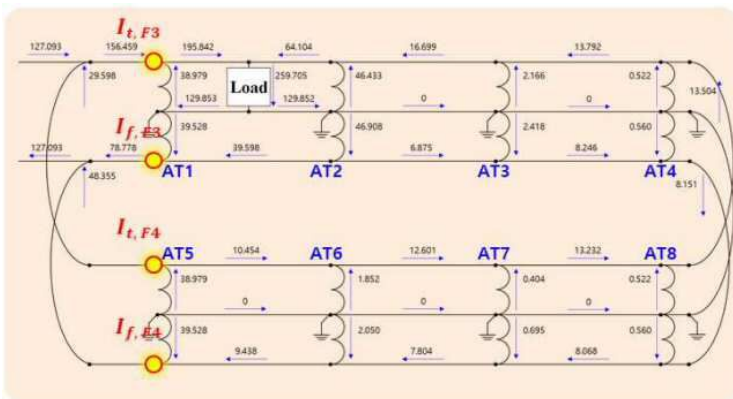


(b)

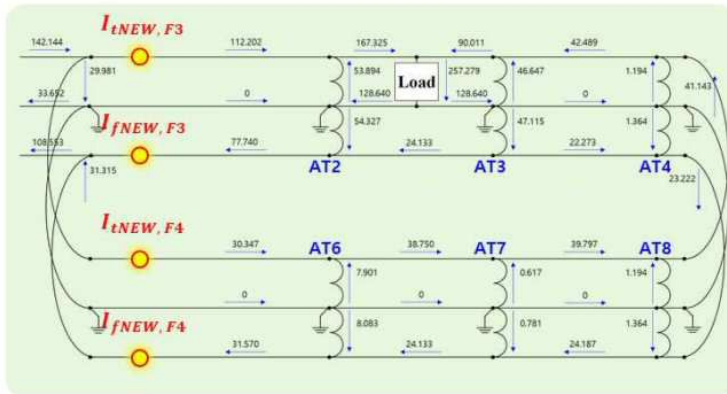
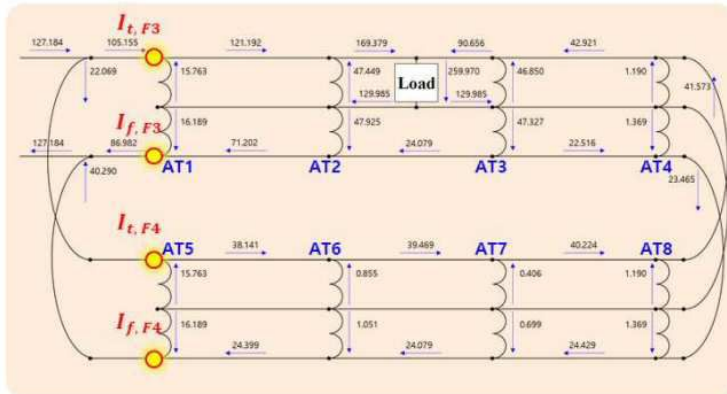
도면5



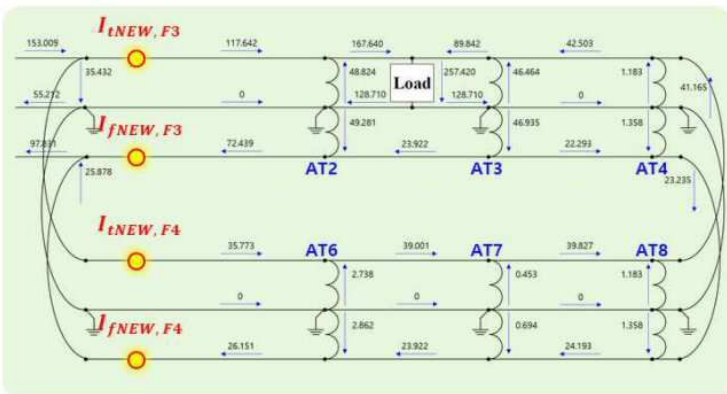
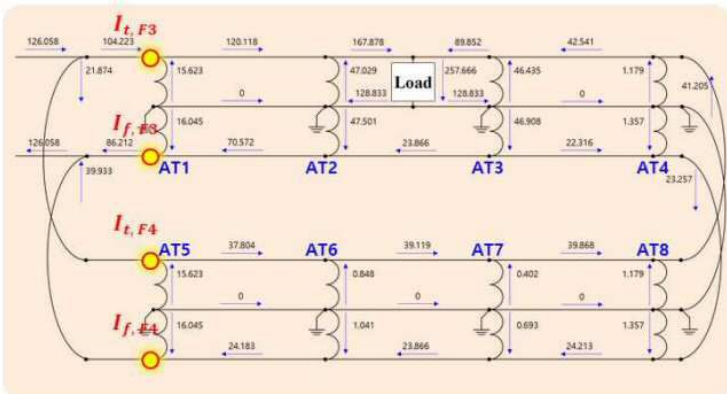
도면6



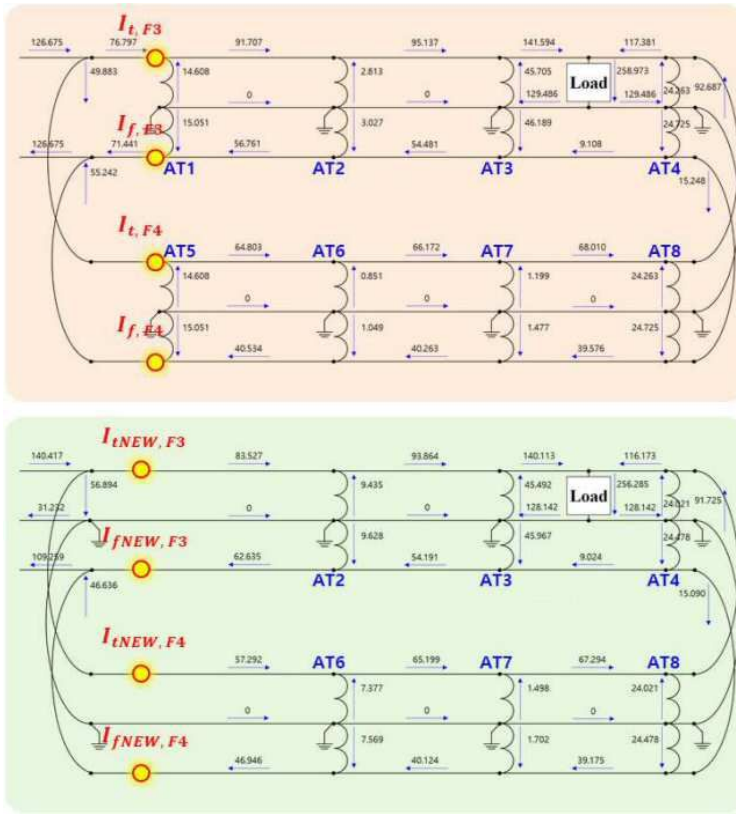
도면7



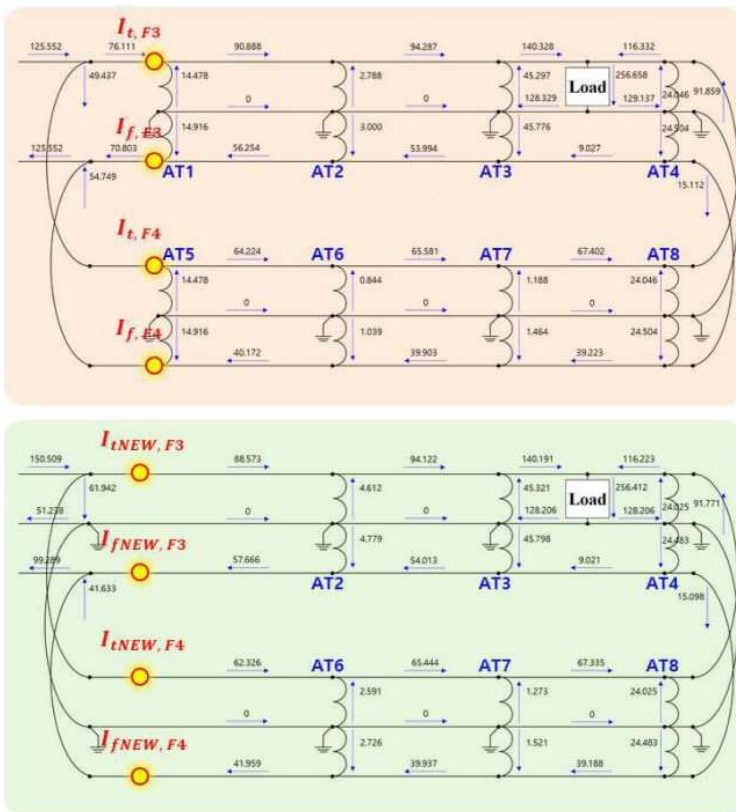
도면8



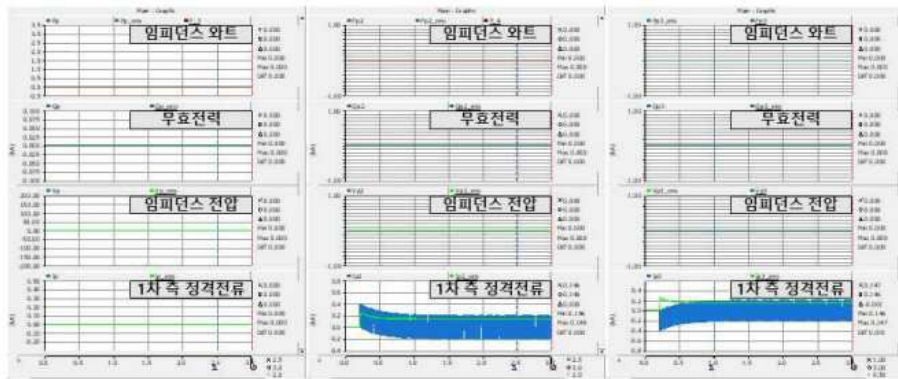
도면9



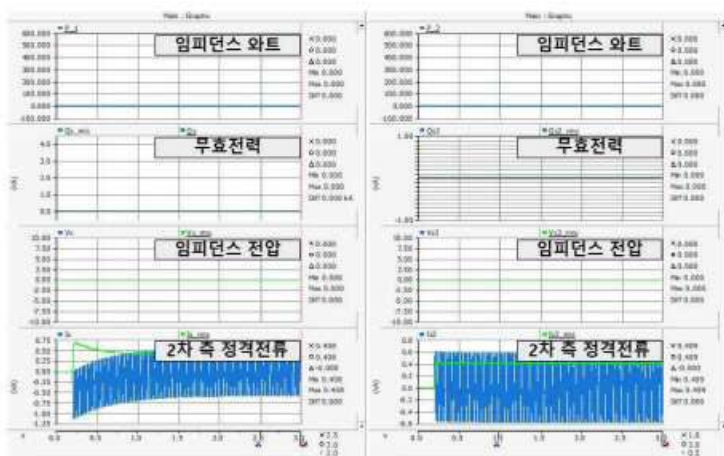
도면10



도면14



도면15



도면16

