

相分離母線の 概要

Isolated Phase Bus

이천전기공업(주)

정지기사업부 부공장장 김재봉

S/G설계실 이기협

△ 상분리모선 설치광경

1. 서 언

발변전소의 주회로 모선으로서 초기에는 나모선이나 케이블 등이 쓰여져 왔으나 안전성과 신뢰성 면에서 폐쇄 모선, 즉 상 비분할 모선(NSPB), 상 분할 모선(SPB), 상 분리 모선(IPB)이 쓰여지고 있다. 또한 최근 발변전소의 대용량화에 따라 도체를 싸고 있는 외함으로 단락전자력을 저감시키고 방열 면적이 큰 IPB가 주로 채용되고 있다.

당사에서는 '84년도에 국내 최초로 KERI 개발시험에 성공하여 충주 수력발전소용 IPB와 POSCO 열병합 발전소용 IPB를 설계, 제작, 시공한 경험을 토대로 하여 상 분리모선에 대하여 기본적인 개요와 구조를 소개하고자 한다.

2. 특 징

상 분리 모선(相分離母線)을 이해하기 위해서 상분리 모선이 폐쇄 모선의 일종이기 때문에 폐

쇄 모선으로서의 특징과 상 분리 모선 자체로서의 특징을 살펴보기로 한다.

가. 폐쇄 모선으로서의 특징

폐쇄모선은 나모선을 접지된 금속으로 폐쇄시킨 모선장치이므로 사람이 직접 도전부에 접촉될 염려가 없고 주위의 환경, 즉, 먼지, 바람, 비, 눈 및 작은 동물의 침입이 불가하여 안전성이 높다. 그리고 도체, 절연지지물, 외함으로 구성된 간단한 구조물이므로 수명이 반영구적이며 소단위(UNIT) 별로 공장에서 제작, 시험하여 출하되므로 신뢰성이 높다. 또한 폐쇄모선은 도전부가 외부의 주위환경과 격리되어 있어 상간거리 및 지지애자의 높이를 작게할 수 있으므로 소형이고 소단위별로 현지에서 접속하는 것이므로 설치가 용이하고 구조적으로 간단하여 열화될 부분이 적다는 점 및 방진, 방수형으로서 보수점검 횟수를 대폭 줄여 보수간격을 길게 할 수 있다.

그림1은 상 분리 모선 시험 예이다.



〈그림 1〉 상 분리 모선 시험

〈표 1〉 주로 사용되는 정격 범위

상 비분할 모선	상 분할 모선	상 분리 모선
저·고압	고·특별고압	특별고압
600~3000A	1200~400 A	1200~20000A (강제풍냉식일 경우 40000A 까지)

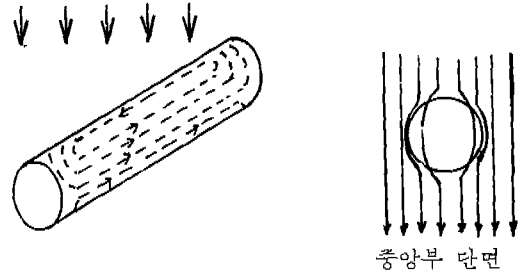
나. 상 분리 모선의 고유한 특징

1) 상분리 모선은 상간 접지 금속판이 있어 다선 지락의 경우를 제외하고는 상간 단락이 되지 않으므로 전원 기기에 미치는 영향이 최소화되므로 사람뿐 아니라 주위의 물건에 대해서도 안전하다.

2) 타 폐쇄 모선에 비하여 도체 단면적당 외함 외부로의 방열면적이 크므로 표1에서 볼 수 있듯이 같은 부피의 상 비분할 모선이나 상 분할 모선에 비해 보다 큰 연속 전류를 흘릴 수 있다.

3) 모선의 단락 강도는 열적 강도와 기계적 강도로 구분할 수 있는데, 전자는 도체의 재료

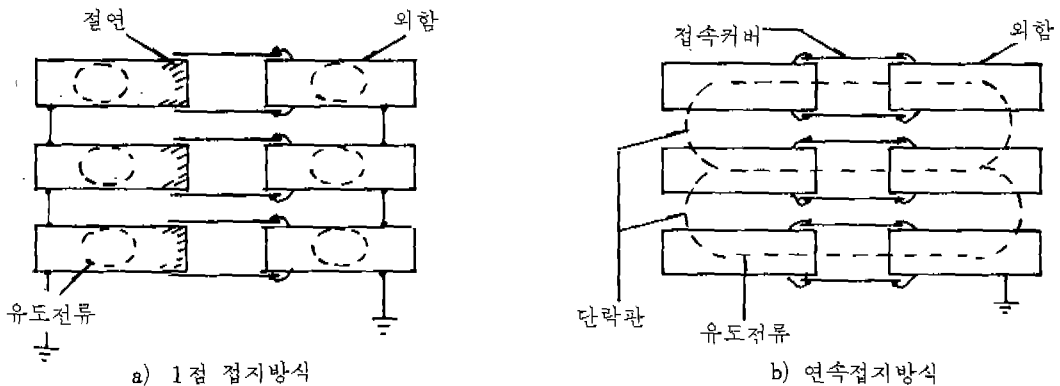
일정하게 변화하는 자계



〈그림 2〉 와전류의 발생상황

형상, 단면적 및 전류치와 전류의 계속시간에 따라 결정되는 것으로서, 폐쇄 방식에 무관하지만 후자는 폐쇄 외함을 알루미늄 등 도전율이 높은 재료로 하면 그림2와 같이 다른 상으로부터의 쇄교 자속을 상쇄시키려 하는 와전류가 외함에 생기게 된다.

따라서 전류와 자속의 적에 비례하는 전자력도 그 비율만큼 저감하게 된다.



〈그림 3〉 접지방식에 따른 상분리 모선 종류

3. 상 분리 모선의 종류

상 분리 모선의 종류로서는 구조에 따른 분류, 절연방식에 따른 분류, 냉각방식에 따른 분류등 여러가지 분류법이 있지만 여기에서는 구조에 따른 분류중 그림 3과 같이 외함의 접지 방식에 의해 분류하여 살펴보자.

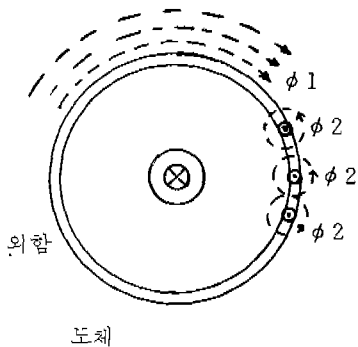
가. 1점 접지형 상 분리모선(Non Continuous Isolated-phase Bus)

1점 접지형 상분리 모선은 그림 3의 (a)와 같이 외함 상호간을 단지 1개소에서 전기적으로 서로 연결하여 모선의 1개소에서만 접지하는 것으로서 모선 단위 상호간이 폐회로가 되지 않도록 하고 있다.

이와 같은 1점 접지형 상분리 모선은 대전류가 되면 인접한 철강재 등에 유도 가열의 영향이 커지고 모선 단위간 및 지지 철구조물과의 절연 방법이 복잡하기 때문에 최근에는 거의 채용하고 있지 않다.

나. 연속 접지형 상 분리모선(Continuous Isolated Phase Bus)

이 방식은 그림 3의 (b)와 같이 모선 단위의 외함끼리를 서로 연속해서 전기적으로 접속하여 연속적으로 접속된 모선회로 외함 양단에서 3상 모두를 단락시켜 모선 외함을 강제적으로 폐회로가 되도록 한 것이다. 이렇게 하면 그림 4



〈그림 4〉 상 분리 모선의 원리

와 같이 외함에는 도체전류와 반대방향으로 유도전류가 흘러 유도전류에 의한 자속 $\phi 2$ 가 도체전류 때문에 발생된 자속 $\phi 1$ 을 상쇄시키기 때문에 외함 밖에서는 자속이 거의 존재하지 않게 되어 인접한 철구조물에 대한 유도 가열의 염려가 없게 되고 지지 철구조물과도 특별한 절연이 필요 없으며 또한 상간에 전자력도 작용하지 않게 되기 때문에 큰 단락전류에 견딜 수 있다는 특징이 있다.

4. 구성 요소 및 적용

가. 구성요소

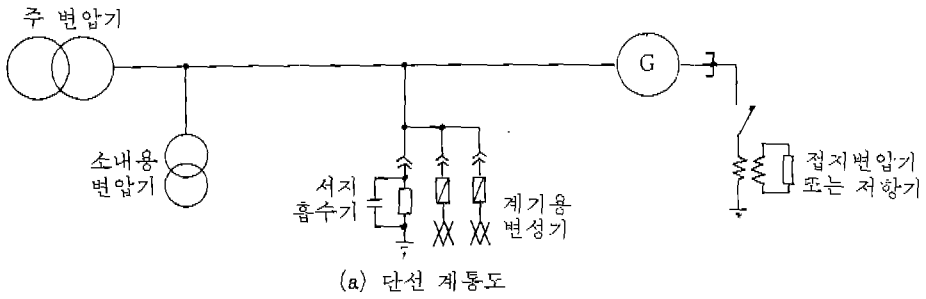
발전소용 상 분리 모선을 예로 들 때 상 분리 모선이라 함은 넓은 의미에서 발전기 단자로부터 승압 변압기 단자까지이지만 보통 상 분리 모선 장치라 하면 그림 5와 같이 발전기 중성점회로, 중성점 접지함, 계기용 변압기 및 서지 흡수기함 등의 부속장치를 포함하여 말하고 있다. 이들 계통에 적용하는 상분리 모선의 정격전압은 발전기 전압에 따라 15kV, 23kV, 34.5kV등이 대부분이지만 60kV, 80kV가 사용되는 경우도 있다.

상 분리 모선 본체에는 그림 5의 (b)와 같이 외함, 도체, 지지대자, 부싱, 진동흡수 외함접속부, 가동도체 접속부등이 주요 구성요소이다.

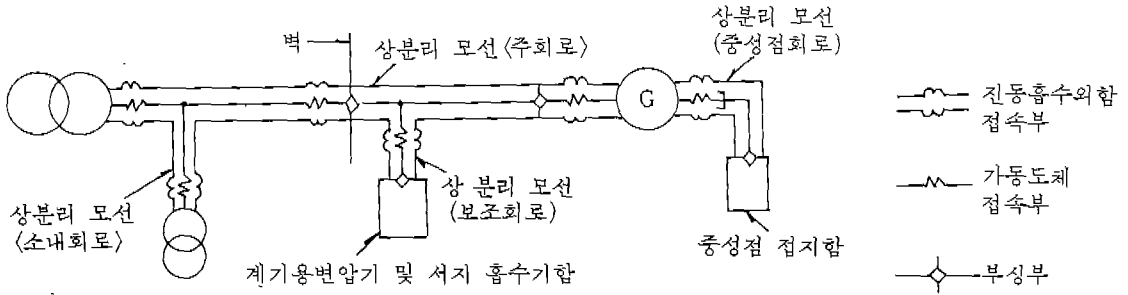
나. 구성요소 적용

(1) 부 싱

부싱은 수분이 모선 내부에 침입하는 것을 막기 위해 발전기 단자 가까이 설치하는 것과 모선 내부의 공기가 옥내외로 서로 순환되는 것을 막기 위해 건물벽 관통부에 설치하는 것이 있다. 또한 화력발전소 계통의 소내 회로 결선에 있어서 단시간 전류가 크기 때문에 단면적이 커져 정격전류에 의한 온도 상승으로 주회로 모선과의 차이가 큰 경우에 모선 내부의 공기이동을 방지하기 위해 부싱을 설치하는 경우가 있다.



(a) 단선 계통도



(b) 상분리 모선 구성도

(그림 5) 상분리 모선 구성(예)

(2) 진동흡수 접속부

터빈 발전기의 기초와 건물, 변압기와 건물 사이의 고유 진동수 차이가 있는 부분에 설치하는데, 외함 사이의 접속부는 합성고무 제품의 신축판이 쓰여지고 도체는 가동 도체를 사용한다.

(3) 중성점 회로

중성점 회로의 외형은 상 분리 모선과 비슷하지만 발전기 중성점에서 인출된 단자가 단락되어야 하므로 상 비분할로서 환기가 가능한 구조이다. 따라서 중성점을 접지하는 경우에도 단락함에 출구를 내서 단로기, 접지 변압기, 저항기, 변류기 등을 수납하는 중성점 접지함을 설치한다.

(4) 기타

그 외의 구성요소로서 계기용 변압기, 서지 흡수를 위한 피뢰기, 콘덴서 등을 수납시킨 함이 있고 강제풍냉식 상 분리 모선의 경우 냉각장치

등 여러가지 부속장치가 설치될 수도 있다.

5. 외함 형상 및 재질의 특징

가. 외함 형상의 특징

외함의 형상을 크게 나누면 환형과 각형이 있다. 상 분리 모선의 경우에 외함에 발생하는 와전류의 크기를 비교하여 보자. 각형의 한 변의 길이와 환형의 직경이 같은 경우에 대한 손실은 그림 6과 같다. 그림 6은 외함의 재료와 두께 및 상간거리가 같고 각형의 경우의 손실을 100%로 보았을 때의 비교치로서 일반적인 에이고 항상이 비율이 성립된다고는 할 수 없지만 대체로 비슷한 경향을 보이고 있다.

여기서 주목해야 될 점은 “각형의 한 변 길이와 환형의 직경이 같다”라는 조건, 즉, 각형의 경우가 약 27% 정도 재료가 많이 소요된다는 것이다. 실제로 각형과 환형의 소요 재료량이 같다면 전자력 저감 효과는 대체로 같다는 것이 일반적이라 발표되었고 주의해야 될 사항은 환

북 부영글랜드에 있는 브래드퍼드 대학교의 연구원들은, 사람의 머리칼 세포를 배양하여 그 속에 있는 남성 호르몬의 메커니즘을 조사하는 데 성공함으로써 대머리문제를 해결하는 데 진일보한 것 같다.

안드로겐으로 알려진 이 호르몬은, 턱과 그밖의 신체부분의 털이 자라도록 자극을 주며, 남성형 대머리의 원인이 되는 것으로 믿어지고 있는데, 이같은 대머리는 온세계의 수많은 남성들이 피해를 보고 있으며, 지금까지 이를 치유하려는 과학자들의 노력을 거부해 왔다.

벨러리 랜들 박사가 지도하는 4인으로 구성된 브래드퍼드 대학팀은, 안드로겐을 받아들이는 세포간 수체(受體)가 있다는 것을 발견했다고 밝혔다. 이것은 머리카락 세포가 배양될 때 안드로겐에 반응해야 한다는 것을 의미한다.

그들의 연구는 또한 두개(頭蓋)의 벗어지지 않은 부분에서

짧은 머리칼의 모낭(毛囊)보다 수염의 모낭을 배양한 세포에 더 많은 안드로겐 수체가 있다는 것도 발견했다. 세포는 신체의 어느 부위에서 탄 털의 모낭인가에 따라 배양에서 차이를 보인다.

생물의학 교수이자 유럽 모발연구학회의 창립멤버인 랜들 박사는, 연구팀이 모낭에 어떤 일이 일어나는가 이해하게 된 이상, 남자의 머리가 벗겨지는 것을 조절할 수 있을뿐 아니라 여자의 머리를 더 많이 나게 하는 과정을 조절할 수 있는 약의 개발 가능성의 문호도 열리게 될 것이라고 말하고 있다.

이 연구계획은 영국 의학연구원이 연구비를 제공하고 있으며, 연구팀은 또 역시 잉글랜드 북부에 있고 탈모에 관한 것을 연구하고 있는 리즈 피부과학 연구재단과도 긴밀히 협력하고 있다.

형의 경우가 단락시 외함에 미치는 힘(변형력)에 대하여 강하고 각형일지라도 외함 접속부는 원통으로 하는 경우가 많으므로 환형의 경우가 제작이 용이하다는 특징이 있다. 그러나 각형일

경우는 상간 거리를 가깝게 할 수 있고 점검 보수시에 외함 위를 걸어다니기가 용이하다는 여러 가지 장단점이 있지만 어느 것도 본질적인 차이는 없다.

나. 외함 재질상의 특징

상 분리 모션 외함은 많은 인자들에 의해 온도상승이 된다.

이중 외함 자체에서 발생하는 열을 최소화 하는 것도 중요하다.

외함이 자성체인 경우에 히스테리 손과 와전류 손에 의해 가열된다.

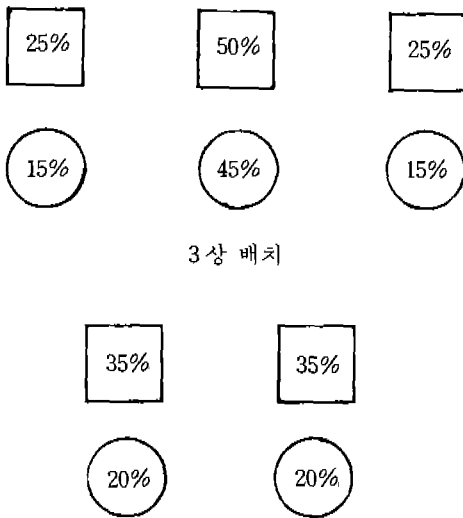
비자성체인 경우 유도전류에 의한 I^2R 의 손실은 그림7에서 알 수 있듯이

a) R 을 작게 하기 위해 High Conductance

b) I 를 낮추기 위해 Low Conductance

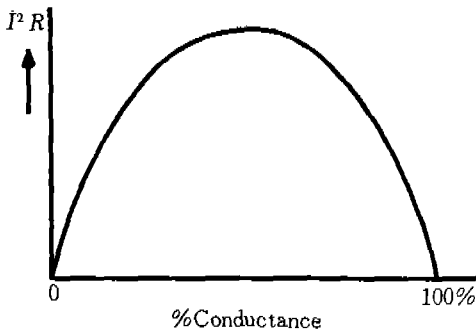
와 같은 두가지 방법으로 낮출 수 있다.

유용한 외함 재질로서는 히스테리 손을 피할 수 있는 비자성체인데, 그 중에서도 높은 도전을, 즉 저항이 작으므로 와전류에 의한 손실이 작은 알루미늄이 상 분리 모션의 외함의 기본적인

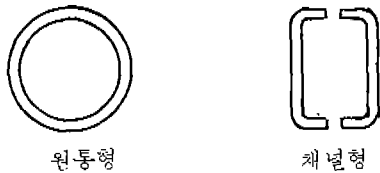


단상배치

(그림 6) 외함 손실의 비교



〈그림 7〉 외함 재질에 따른 손실



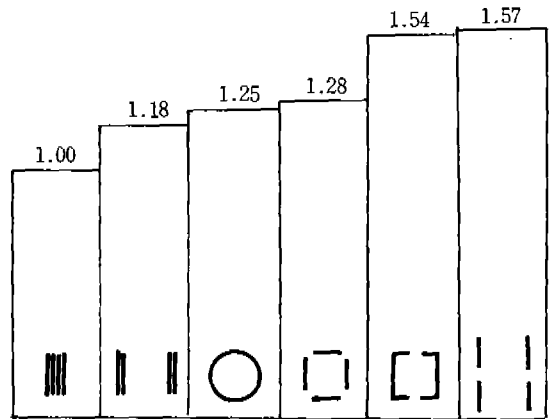
〈그림 8〉 도체의 형상

인 재질이 되고 있다. 특히 알루미늄은 비중이 작으므로 타 자성체보다 가볍고 가공하기 쉽고 모든 형태로의 용접이 가능하다는 장점이 있다.

6. 도체의 재료와 형상

가. 도체의 재료

도체의 재료로서는 대표적으로 동과 알루미늄이 있는데, 그림 8과 같이 도체의 일반적 형상에 대해서 비교하면 도전율의 차이로 인하여 알루미늄은 동보다 60~80% 정도의 단면적이 필요하게 되나 비중이 다르기 때문에 도체의 중량은 알루미늄 쪽이 약 50% 정도 가벼워진다. 따라서 제작, 운반, 설치, 취급상 가벼운 알루미늄 쪽이 보다 유리한 조건이 된다고 할 수 있겠다. 그러나 알루미늄의 도전율이 낮기 때문에 동일한 치수에 있어서 교류 저항비가 낮아진다. 즉, 외형 치수가 동일하고 동일한 교류 저항비가 되는 두께는 알루미늄 쪽이 커지게 된다. 상 분리 모선의 도체 크기가 외함의 크기에 직접 관계되므로



〈그림 9〉 동일 단면적에 대한 AC 전류용량의 비교

전체적 경제성을 충분히 고려할 필요가 있다는 점이다.

나. 도체 형상에 따른 특징

상 분리 모선은 일반적으로 교류의 경우이므로 표피효과 (Skin-effect)와 근접효과 (Proximity-effect) 때문에 근본적으로 동공 도체를 사용하고 있다.

AC BUS로서는 평형, 패널형, 앵글형, 원통형, 사각형 및 분할형 등으로서 형상을 나눌 수 있는데, 그림 9는 대기중에서 같은 단면적당 상대적 전류 용량을 표시한 것이다.

도체들은 형태 및 배열에 따라 각각의 이점이 있는데, 어떤 모양의 도체를 채용할 것인가는 도체 설계에 가장 중요한 점인 단락 전류에 견딜 수 있는 고정 방법에 따라서 결정하여야 한다.

7. 결 론

이상, 폐쇄 모선중 대표적인 상 분리 모선에 대한 기본적 개요와 종류, 구성요소, 형상 및 재질상의 특징을 살펴 보았는데, 본고가 발변전소의 상 분리 모선을 계획하고 설계, 제작, 시공 및 점검하고 있는 분들에게 조금이라도 참고가 되었으면 다행으로 생각한다.