

제55회 발송배전기술사 문제 해설 ③

◆ 자료제공 : 서울공과대학원

[☎ 02)676·1113~4]

글/기술사 용인송담대 교수 유상봉

기술사 두원공대 교수 김세동

본 시험정보는 '98. 7. 12 시행한 국가기술사
 격검정 기술사분야에 출제된 1교시 ~ 4교시의
 시험문제로서 3교시를 발췌하여 게재합니다.
 [회원출판과]

3 교 시

【문제 1】 현재 국내의 발전용원자로는 비등수형
 경수로(Boiling Water Reactor), 가압 경
 수로(Pressurized Water Reactor) 및 가
 압중수로(Pressurized Heavy Water
 Reactor)가 설치되어 있다. 각각의 장단
 점과 차이점에 대하여 논하시오.

(1) 가압수형 원자로(PWR)

① 개 요

저농축 우라늄을 핵연료로 하고, 감속재 및
 냉각재로서 물(경수)을 사용하는 불균질 열중성
 자로이다. 노(爐)속에서 물이 끓는 것을 방지하
 기 위하여 노 전체를 압력용기 속에 넣고 노내
 의 압력을 고압으로 유지하고 있다. 노내의 물
 을 가압하기 때문에 가압 수형이라고 불리운다.

② 특 징

연료	감속재	냉각재	특 징
저 농 축 우 라 늄	경 수	경 수	① 고리, 영광, 울진에 채택 ② 열사이클이 1차(원자로계통)와 2차(증기계통)로 구분-계통이 복잡 ③ 증기발생기가 있다. ④ 방사능을 띤 증기가 터빈쪽에 유입하지 않으므로 보수점검이 용이 ⑤ 출력밀도가 높다.

(2) 비등수형 원자로(BWR)

① 개 요

BWR은 노심에서 비등을 일으킨 증기가 직접
 터빈에 공급되는 직접사이클을 이용한 원자로이다.

② 특 징

연료	감속재	냉각재	특 징
저 농 축 우 라 늄	경 수	경 수	① 국내 미적용 ② 미국 GE에서 개발 ③ 증기발생기가 없다. ④ 노심에서 비등을 일으킨 증 기가 직접 터빈에 공급되는 직접사이클을 이용 - 보수점검 곤란 ⑤ 출력밀도가 낮다.



(3) 가압중수로(PHWR)

① 개요

캐나다에서 개발된 가압중수냉각로(Pressurized Heavy Water Reactor) CANDU형 원자로이며, 압력용기방식과 압력관방식이 있다.

② 특징

연료	감속제	냉각재	특징
천연우라늄	중수	탄산가스, 중수, 경수	① 증기발생기가 있다.
농축우라늄			② 증류 : 압력용기방식과 압력관방식
			③ 중수(D ₂ O)를 구입해야 하는 문제
			④ 경수로에 비해 노심이 커진다.
			⑤ 월성에 채택

【문제 2】 근래에 세계적으로 복합화력발전 건설이 유행하고 있다. 복합화력이 각광을 받는 이유에 대하여 논하시오.

(1) 복합발전의 개요

최근에는 가스터빈을 증기터빈과 결합시켜서 종합적인 발전소로서의 열효율 향상을 도모하는 방식이 새로운 관심을 모으고 있다. 복합사이클발전(Combined Cycle System)이 바로 그것이다.

복합사이클이란 증기터빈에 의한 기력발전방식에 기력이외의 방식(가스터빈, MHD 등)을 조합시켜서 종합적인 열효율의 향상을 도모하는 방식을 말하는데, 현재 가장 많이 쓰이고 있는 것은 가스터빈과 증기터빈과의 조합이다.

(2) 복합발전의 일반적인 특징

- ① 열효율이 높다.
- ② 기동정지시간이 짧다(소용량기이기 때문에 기동정지 시간이 짧아 600[MW]급 기력의 최단 2.5시간에 대해 복합사이클에서는 약 1시간으로 가능하다).
- ③ 자체 단독의 기동이 가능해서 비상용 전원으로 적합하다.
- ④ 부분 부하에서의 효율이 높다(소용량기의

복수 설치이기 때문에 경부하시에는 운전 대수를 줄여서 효율 저하를 방지함).

- ⑤ 복수기의 냉각 수량이 적고 온배수도 적다(기력방식에 비해 증기터빈의 출력 분담이 적기 때문).
- ⑥ 배기량이 많아지기 때문에 NO_x등의 배기 대책이 필요하다.
- ⑦ 소음대책이 필요하다.
- ⑧ 불순물이 적은 양질의 연료를 필요로 한다.
- ⑨ Plant 구성이 단순하고, 건설공기도 짧다.

(3) 복합발전의 대표적인 종류

(가) 석탄가스화 복합발전(IGCC)

① 개요

석탄가스화 복합발전은 석탄을 가스화해서 우선 이것을 연소시켜 가스터빈 발전을 하고 다음에 그 배열을 이용해서 증기터빈 발전을 한다는 2단계 발전 시스템이다.

② 특징

이 시스템은 중래의 미분탄 연소 화력과 비교할 때

- 발전 효율이 3~5[%]정도 더 높다(1,300 [°C]급 가스터빈).
 - 매진, SO₂의 배출량이 감소되고 온배수량도 30[%] 정도 줄어들어 환경대책상 우수하다.
 - 경제성 측면에서도 유리해질 가능성이 있다.
- 등의 특징이 있어 이 발전 시스템은 다음 세대 석탄이용의 주력 전원 기술로서 기대되어 여러나라에서 기술개발이 활발하게 전개되고 있다.

(나) 가압유동층 복합발전

① 개요

이것은 유동층에서 연소된 석탄의 열을 증기터빈용 증기생성에 사용하고 고압의 배기는 가스터빈에 사용하는 방식으로 석탄을 깨끗하고 효율적으로 연소시켜 복합발전애 사용하는 최신 기술이다.

② 특징

- 환경성이 우수하다.
- : SO_x 99% 제거, NO_x 95% 제거, CO₂ 15% 제거

- 고효율 : 복합발전으로 인한 효율 향상(약 45~50% 이상 기대)
- 운영비 절감 : 석탄화력에 비해 10~15% 연료 절감
- 연료의 다양성 : 저질탄 및 각종 도시쓰레기, 산업폐기물도 활용 가능
- 건설공기의 단축 : 구성이 간단하고, 모듈화가 가능, 설비의 확장이 용이

[문제 3] 우리나라 전력계통의 단락용량은 계속 증대하며, 그 한계에 달하고 있다. 이러한 시점에서 단락용량의 저감 대책에 대하여 논하시오.

1. 개요

전력계통 규모의 확대와 계통의 광역 연계의 강화에 따라 단락용량이 해마다 증가하고 있는데, 그 경향은 발전소 규모의 증대와 전원입지의 집중화에 따라 더욱 증대되고 있으며, 그 경향은 발전소 규모의 증대와 전원입지의 집중화에 따라 더욱 증대되어 계통 안정도와 함께 전력계통의 계획 운용상 중요한 과제가 되고 있다.

여기서는 단락용량 증대의 원인과 이에 수반되는 문제점 및 단락용량 억제기술의 현상에 대해서 언급하기로 한다.

2. 단락용량 증대의 요인

전력수요는 해마다 증가일로에 있다. 또한 눈부신 성장을 계속하는 고도 정보화사회에 있어서는 전기에의 의존도가 상당히 높아 무정전 공급은 물론이고 전압이나 주파수 변동이 적은 질이 높은 전기에 대한 요구가 한층 높아지고 있다.

전기설비 및 수송설비의 계획 운용에 있어서는 이와 같이 양과 질에 대한 요구에 대응하면서 경제성을 추구한 대응책이 세워지고 있지만 결과적으로는 단락용량을 증대시키는 요인이 되고 있다.

(1) 전원 설비

① 발전기의 단기용량 증대

열 효율이 높은 대용량 화력, 원자력을 주류

로 하여 전원이 개발되어 단기용량이 커지고 있다. 또, 베이스 부하용으로서의 상기 전원을 효과적으로 운전시킬 목적으로 양수발전소가 건설되었다.

② 전원입지의 집중화

본래 전력 수요의 분포에 맞추어 전원의 과대한 집중을 피하고 적절한 분산 배치가 바람직하지만 지역사회의 환경 보전이나 안전성에 대한 의식이 높아져 용지 확보가 곤란해지고 있다. 이 때문에 1개 발전소당의 발전기 설치대수의 증가와 발전소의 편재화(집중화) 경향으로, 특히 발전소 근방의 단락전류가 증대하고 있다.

(2) 수송설비

① 기간계통의 2회선 2루트화

전원입지의 집중화에 따라 기간계통은 전력수송의 굵은 파이프로서 중요한 역할을 담당하고 있으며, 공급 신뢰도, 전원 운용의 효율화면에서 2회선 2루트화에 의한 연계가 추진되었다.

② 광역 연계의 강화

계통 연계의 강화는 전국의 전력계통을 교류 또는 직류로 연계한 하나의 큰 계통으로서 운용되고 있다.

2. 단락용량 증대에 따른 문제점

(1) 각종 전기기기 및 전기설비의 열적, 기계적 강도

변압기, 변류기, 송전선로 등의 기기 및 설비가 큰 단락전류에 의한 Joule 열로 인하여 열적으로 파손되기 쉬우며, 또한 대전류에 의한 큰 전자기력에 의해서 왜형 또는 파손될 수 있다.

(2) 차단기의 차단능력

차단기가 대전류를 차단해야 하므로 차단용량이 커져야 하고, 차단 뿐만아니라 재투입 능력 및 접촉자의 소손 등의 문제가 야기된다.

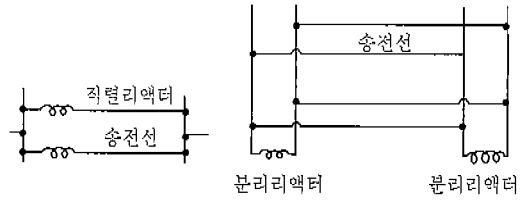
(3) 지락전류의 증대

지락 사고시 지락전류가 증대되어 인근 약전

류 전선에 전자유도장해가 커지고 대지 표면의 전위경도를 크게 해서 보폭 전압이 커지므로 인축에 위해를 주게 된다.

(4) 고장시 과도 이상전압

고장전류를 차단하는 경우 큰 재기 전압으로 재점화를 일으키기 쉽게 되고, 이에 따른 개폐 서지를 발생시킨다.



(a) 직렬 리액터 방식 (b) 분리 리액터 방식

<그림 1> 한류 리액터에 의한 단락전류의 억제

3. 단락용량의 저감대책

전력계통의 단락용량이 증대하면 상기한 바와 같은 여러가지 문제가 생기므로 어떠한 적절한 억제대책이 필요해지는데, 계통 안정도, 공급 신뢰도와 밀접한 관계가 있으므로 이것들을 종합적으로 감안한 대책으로 할 필요가 있다. 구체적으로는 아래와 같은 대책이 세워지고 있다.

(1) 고 임피던스 기기의 채택

발전기나 변압기의 임피던스를 높게 하여 단락전류를 억제하는 방법이다.

발전기의 임피던스를 증가시키면 단락비가 작아지고 갭이 좁은 동기계가 된다.

변압기에 대해서는 종래 초고압용으로서 10[%], 12[%]의 것이 사용되고 있었으나 이것을 표준값 11[%], 14[%]로 통일 하거나 대응용 화력, 원자력 송압용 주변압기의 임피던스로서 20[%]를 이용하는 방법이다.

(2) 변전소 모선 분할 등 계통구성의 변경

변전소의 모선 분할 등에 의해 계통을 나누어 운용하여 계통 임피던스를 증가시켜 단락전류의 경감을 도모하는 것으로서 계통분할 운용과 계통분리방식의 두가지 방식이 있다.

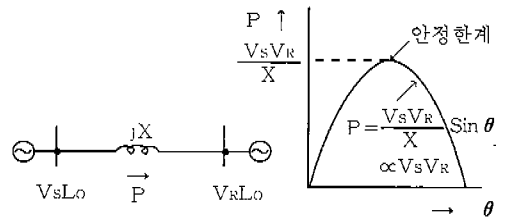
(3) 한류 리액터의 채택

한류 리액터에 의해 단락전류를 억제하는 방식으로서는 그림 1의 (a)와 같이 송전선에 직렬로 리액터를 삽입하는 방식과 (b)와 같이 모선을 몇 개로 분할하여 분리리액터를 삽입하는 방식이 있다.

(4) 상위 전압계급 도입에 의한 계통의 분할

전술한 (1)~(3)의 대책이 잠정적 내지는 국부적인 효과를 기대하는 것인데 비해 상위 전압계급을 도입하여 종래 계통을 분할하는 방법은 발본적인 대책으로서 가장 효과가 기대되는 것이다.

단락전류 억제만을 위해 상위 전압계급을 도입한다면 건설비가 추가되어 잇점이 적지만 그림 2와 같이 계통 안정도가 향상되어 송전선의 1루트당의 송전전력을 비약적으로 증가시킬 수 있기 때문에 계통규모의 확대에 맞추어 단락전류의 억제와 계통 안정도의 확보 두가지를 겨냥한 대책으로서 채택되고 있다.



<그림 2> 송전전압과 계통안정도

(5) 직류 송전기술의 도입에 의한 계통의 분할

직류 송전은 유효전력을 공급하지만 무효전력은 전달하지 않는다.

단락전류의 대부분은 무효전력이므로 무효계통 일부에 직류계를 채택하여 계통용량을 증가하면 단락전류의 증가가 없다.

교직 연계계통으로서 교류계 사고시에 직류전류를 제어함으로써 단락전류 억제효과를 더

속 높일 수가 있다. 또한 기존의 교류계통을 얼마만큼의 적정규모를 분할하여 직류계통으로 연계하면 전제로서의 계통용량을 바꾸지 않고 단락전류를 억제할 수가 있다.

4. 결 론

전력계통의 단락전류 증대요인과 이에 수반되는 문제점 및 단락전류 억제기술의 현상에 대해서 설명하였다.

단락전류를 억제하는 발본적 기술로서는 상위 전압계급의 도입과 직류연계 등이 있지만 계통분할, 한류 리액터의 채택 등은 모두 잠정적 또는 국소적인 기술로서 계통연계의 잇점을 약간 희생하고 있으며 충분하다고는 할 수 없다.

급후, 상시는 계통연계의 잇점을 저해하지 않고 단락사고시에만 임피던스 소자로서 작용하여 전류를 억제하는 기술이 연구 개발되어 전력설비의 계획, 운용에 있어 유력한 무기가 될 것을 기대한다.

[문제 4] 병렬운전중인 동기발전기의 출력(유효 전력) 증가를 위해서는 운전원이 어떤 조작을 하여야 하며 또 지상무효전력(Lagging Reactive Power)을 증가시키기 위해서는 운전원이 어떤 조작을 하여야 하나. 그 이유는 ?

1. 개 요

병렬로 접속한 발전기에 임의 역률의 부하를 걸면 이 부하의 유효전력의 배분은 각 발전기가 그 원동기에서 받는 동력에 비례해서 정해지며, 무효전력의 배분은 각 기에 주어진 여자의 크기에 따라서 결정된다.

- 즉, 유효전력과 무효전력의 분담은 다음과 같다.
- ① 유효전력의 분담 : 원동기의 속도를 변화시킨다(경부하 쪽의 속도를 줄인다).
 - ② 무효전력의 분담 : 계자전류를 변화시킨다(계자전류를 증가시킨 발전기의 역률이 뒤진다).

2. 유효전력의 배분방법

2대의 발전기가 병렬운전하고 있는 경우 발전기 B의 원동기의 조속기를 조정해서 B기의 입력을 증가시키면 B기의 유기전압의 위상은 A기의 위상보다 앞서려고 하므로 A, B사이에 동기화력이 작용해서 발전기 B의 부하는 증가하고, 발전기 A의 부하는 감소하여 부하의 배분이 새로이 된다.

이 경우 선로의 주파수 및 전압을 일정하게 유지하자면 발전기 B에 주어진 여분의 입력만큼 발전기 A의 입력을 그 원동기의 조속기를 가감해서 감소시켜야 한다.

3. 무효전력의 배분방법

병행운전하고 있는 각 발전기의 단자전압은 크기가 같고 같은 위상에 있어야 한다. 발전기 A, B가 병행운전하고 있는 경우 A기의 여자를 더욱 증가시키면 두 발전기의 유기전압사이에 불평형이 생기므로 A, B사이에는 무효순환전류가 흐르는데, 이 전류는 A기에 대하여는 지상전류가 되어 A기의 단자전압을 내리게 하고, B기에 대하여는 진상전류로 되어 단자전압을 높혀 결국 두 발전기의 단자전압을 같게 한다는 것은 전술한 바와 같다.

이러한 무효순환전류가 흐르면 발전기 A는 그만큼 무효전류가 증가하고, 발전기 B는 무효전류가 그만큼 감소한 것이 된다. 즉, 병행운전하고 있는 발전기의 여자전류를 변화시키면 무효전력의 배분을 바꿀 수 있다.

[문제 5] 우리나라 배전계통에 배전전압을 22.9kV 3상4선식 직접접지방식으로 통일 변경한 기술적, 경제적 근거에 대하여 논하시오.

1. 개 요

배전선로는 발·변전소 또는 송전선으로부터 직접 수용장소에 이르는 전선로를 말한다.

발전소로부터 전송된 전력은 송전계통의 말단에 있는 배전용 변전소에 들어가고 여기서 송전전압이 배전전압으로 낮추어져서 적당 회선수의 고압 배전선로에 의하여 다시 인출된다.

과거 우리나라의 고압 배전선은 3.3kV, 6.6kV,



22kV의 3상3선식 이었으나 오늘날에는 전력수요의 증가에 따라 전압강하 및 전력손실의 경감을 도모하기 위하여 22.9kV로 통일하고 있다.

2. 내 용

(1) 고압 배전선로의 접지방식

① 3상3선식(중성점 비접지방식)

이 방식에서 변전소의 주변압기 2차측은 Δ 결선으로 하며 배전선은 비접지방식으로 운영된다. 배전선로상의 주상변압기 동력용은 주로 V결선이 적용된다.

국내에서는 주로 22kV급에 적용되었다.

② 3상4선식

배전용 변전소 주변압기의 2차측은 Y결선으로 하여 전압선 3가닥과 중성선 1가닥을 끌어내는 방식이며 중성선은 접지한다.

국내에서는 22.9kV-Y 전압으로 통상 적용되며, 중성선은 다중접지시키는 방법을 채택하고 있다.

(2) 22.9kV 3상4선식 직접접지방식 적용의 기술적, 경제적 근거

① 3상3선식 비접지방식의 특징

- 대지정전용량이 작아서 대지충전전류는 비교적 작다.
- 고전압의 긴 선로에 적용시 대지정전용량이 증가하며 1선지락 고장시 충전전류에 의한 간헐, 아크지락에 의한 이상전압 발생
- 고장시 지락전류가 적어서 보호협조가 곤란하며 개폐기 동작용 신호 확보 곤란
- 지락전류가 적으므로 유도장해가 적다.

② 3상4선식 직접접지방식의 특징

- 1선지락 사고시 건전상의 대지전압은 거의 상승하지 않는다.
- 차단기 개폐동요 등 이상전압이 낮아서 선로의 애자 및 기기의 절연수준 저하가 가능하다.
- 개폐 서지값이 적어서 피뢰기의 책무가 가볍다.

선로의 전압상승이 작아서 정격전압이 낮은 피뢰기 사용이 가능하다.

- 변압기 중성점이 "0"전위 부근에서 유지되므로 단절연이 가능하고, 변압기 및 부속설비의 중량과 가격의 저하가 가능하다.
- 1선지락 사고시 지락전류가 커지므로 차단기의 동작이 용이하며 고장의 선택차단이 확실하다.

3. 결 론

(1) 3상4선식 직접접지방식 적용의 배경

국내 배전계통의 전압은 22kV급을 사용하고 있는데, 3상3선식 22kV와 3상4선식 22.9kV-Y 방식이 혼용되어 오면서 3상3선식을 3상4선식으로 변경하여 승압하는 작업이 거의 완료단계에 접어들고 있다.

3상4선식 다중접지방식은 도심지 배전선로의 중성점 접지저항치를 저감시켜서 고장전류의 신속한 대지로의 방류를 통한 보호협조의 용이한 점과 기기의 절연레벨 저하를 통하여 경제성을 추구하는 장점이 있기 때문이다.

또한 각종 배전선로 작업시 선로 접지를 용이하게 할 수 있다는 작업상의 편의성도 뛰어나다.

(2) 고려할 사항

그러나 지락전류가 대단히 크므로 이에 따른 병행 통신선에 작용하는 전자유도장해의 영향을 무시할 수 없으며 과도안정도가 나빠지고 차단기의 규모가 커지는 단점도 있으므로 선로 구성시 세심한 고려가 요구된다.

【문제 6】 대형발전기, 변압기, 고압송전선에 일반적으로 사용되는 보호계전기의 종류를 열거하고 동작원리 및 기능에 대하여 설명하시오.

1. 대형발전기의 보호계전기

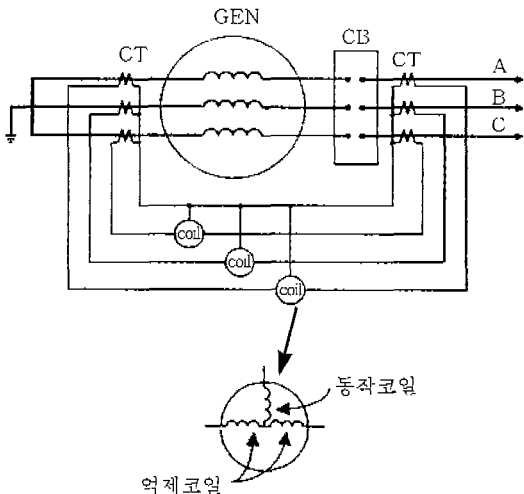
(1) 역 할

전기자 권선이나 계자권선의 지락, 층간단락 사고를 검출해서 고장 발전기를 신속하게 건전 계통에서 차단한다. 계자상실, 계자전류의 과대로 인한 과부하일 때 소손사고를 방지한다.

(2) 동작원리 및 기능

① 비율차동 계전방식

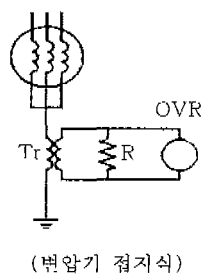
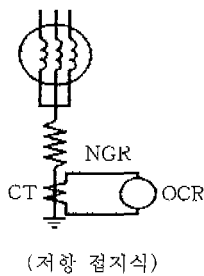
원리는 변압기의 비율차동 계전방식과 마찬가지로, 송전측 CT와 중성점측 CT를 차동접속하여, 전기자 권선에 생기는 사고를 검출해서 차단한다.



② 과전류 계전방식

전기자 및 계자전류를 검출하여, 어느 일정한 값을 초과한 것을 검출하여 차단한다.

③ 과전압 계전방식



발전기의 전압이 상승한 것을 검출하여 차단하고, 비상정지 시킨다.

단위식 발전기(승압 변압기와 한 단위로 운전 되는 발전기)의 고정자 권선의 지락 보호는 그림과 같이 저항접지식에서는 OCR, 변압기접지식에서는 OVR이 사용된다.

④ 계자상실 계전방식

계자상실시에는 계통에서 발전기로 뒤진 무효전력이 크게 유입되어, 전기자 권선을 소손할 염려가 있으므로, 발전기의 단자에서 본 임피던스의 변화를 검출해서 차단하여 비상정지 시킨다.

⑤ 계자회로의 지락 계전방식

계자 직류 회로의 지락을 검출하여 차단하고 비상정지 시킨다.

2. 변압기의 보호계전기

(1) 역할

변압기 내부에 발생한 지락, 층간단락사고 및 변압기의 과전류를 검출하여 신속하게 건전 회로에서 차단하여 사고의 파급을 방지한다.

(2) 동작원리 및 기능

① 비율차동 계전방식

변압기의 내부사고를 검출하는 것인데, 1차 2차 전류의 차 및 비가 일정한 값을 초과하였다 것을 검지해서 차단한다.

- 보조 변류기는 1, 2차 CT전류의 차이를 보정해 주기 위한 것이다.
- 변압기 결선이 Y이면 CT는 Δ 로, 변압기가 Δ 이면 CT는 Y로 결선해야 하는데 이는 1, 2차 CT 2차전류간의 위상차가 없도록 하기 위함이다.
- 고조파 억제부라 함은 변압기를 살릴 때의 여자 돌입전류 등에 의해서 계전기가 오동작 하는 것을 방지하기 위한 것으로, 일시적으로 감도를 저하시키는 감도저하법, 필터를 사용하여 상용 주파는 동작코일에, 고조파 분은 억제코일에 흘려주는 고조파 억제법.

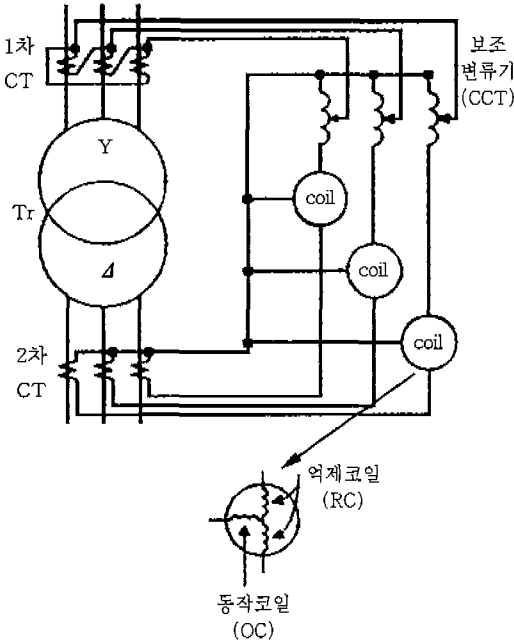


또 여자 돌입전류는 비대칭과형이므로 동작 코일과 직렬로 저지 계전기를 결선하여 비대칭과형이 흐르면 저지 계전기를 동작시켜 차동계전기의 동작을 저지하는 비대칭과 저지법 등이 있다.

- 변류기의 포화에 의한 오차, 변압기 탭 절환에 의한 전류 크기의 변화 등을 감안해서 동작비율을 결정한다. 동작 비율이란

$$\text{동작비율} = \frac{\text{동작전류}}{\text{억제전류}} \times 100[\%]$$

으로 보통 이 비율이 30%정도 이상 일 때 동작하도록 한다.



② 과전류 계전방식

과부하에 의한 손상을 방지하는 것인데, 1차 또는 2차전류가 어느 일정한 값을 초과 하였다 는 것을 검출해서 차단한다.

과전류 계전기의 한시 요소는 변압기 정격부 하전류의 160%정도로 정정하고 순시 요소는

변압기 2차측 모선 3상 단락전류의 150~200% 정도로 정정한다.

과전류 방식은 감도와 동작속도 면에서 차동 방식보다 많이 떨어진다.

③ 기계적 보호방식

기계적 보호방식으로는 부호홀쯔 계전기와 충격압력 계전기가 있는데, 부호홀쯔 계전기는 일종의 Float Switch와 Flow 계전기를 조합한 것으로 주탱크와 콘서베이터를 연결하는 관에 설치해서 사고로 인해 발생하는 가스와 급격한 기름의 흐름에 의해 동작하는 것이고, 충격 압력 계전기는 변압기 내부 고장시에 분해 가스에 의해서 생기는 충격성의 이상압력 상승을 감지하여 차단시키는 것이다.

3. 고압 송전선의 보호계전기

(1) 역할

송전선에 발생한 단락 지락사고를 검출하고, 고장송전선을 건전회로에서 신속하게 차단하여, 사고의 파급을 방지한다. 사고의 종류에 따라서는 사고발생으로부터 일정시간 후에 자동적으로 재폐로를 하여 단시간에 복구시킨다.

(2) 동작원리 및 기능

① 위상비교 계전방식

보호구간 양단의 전류위상을 비교함으로써, 고장구간을 선택하는 것이다. 계통에서 F₁, F₂, F₃ 점의 고장시에 계전기 단자 R₁, R₂에서의 고장전류 방향은 내부고장시에는 양단에서 거의 180°의 위상차가 있는데 대하여, 외부고장시에는 거의 동상이므로 내·외부의 고장을 판별한다.

검출이 빠르고 확실하므로 주보호장치로서 사용된다.

② 거리 계전방식

보호구간 양단의 각 상전압, 전류에서 사고점까지의 거리를 측정하여 내부사고시에 차단한다. 가까운 사고에서는 전압이 0에 가까이 까지 내려가며 내외부의 판정이 어렵게 된다.

【문제 7】 아래와 같은 수력발전소의 출력(Out Put)을 구하는 공식을 쓰시오.(단, 낙차 H [m], 유량 Q [m³/s], 효율 η [%])

(1) 수력발전의 출력 공식

① 이론 수력

사용수량 Q[m³/s]의 물이 유효 낙차 H[m]를 낙하해서 수차에 유입될 경우 수차에 주는 동력 P₀[kW]는,

$$P_0 = 9.8QH[kW]$$

② 수차 출력

$$P_t = 9.8QH\eta_t[kW]$$

③ 발전기 출력

$$P_e = 9.8QH \eta_t \eta_g[kW]$$

여기서, η_t , η_g 는 수차, 발전기의 각각의 형식, 용량, 부하의 크기 등에 따라 약간 다르지만 정격 운전시에 $\eta_t = 80 \sim 90[\%]$, $\eta_g = 90 \sim 97[\%]$ 정도의 값을 가지며 이 양자의 곱 $\eta_t \eta_g$ 를 종합 효율(combined efficiency)이라고 한다.

여기서, 상수 9.8은 다음의 방법으로 계산된다.

단위부피 1[m³]의 물을 떨어 뜨릴 때의 출력은

$$\begin{aligned} P_0 &= 1[t/m^3] \cdot 1[m^3/s] \cdot 1[m] \\ &= 1000[kg/m^3] \cdot 1 [m^3/s] \cdot 1[m] \\ &= 10^3[kg \cdot 중 \cdot m/s] \\ &= 10^3 \times 9.8[kg \cdot m/s^2 \cdot m/s] \\ &= 10^3 \times 9.8[N \cdot m/s] = [J/s] \\ &= 10^3 \times 9.8[W] = 9.8[kW] \text{가 된다.} \end{aligned}$$

【문제 8】 전력계통의 Loop 운전의 득실을 논하시오.

기간계통의 루우프 운용은 방사형 운용에 비하여 종합적으로 보면, 계통간의 연계가 강하고, 안정성은 향상되지만, 과혹한 사고를 생각하면 사고가 파급되기 쉽고, 중대한 사고로 발전할 가능성이 있다.

(1) 루프 운용의 잇점

- ① 종전계통의 구성이 강고해지며, 또 계통의 리액턴스가 감소되므로, 계통의 전압유지가 용이해지고, 아울러서 계통의 안정도가 향상된다.
- ② 한편의 연계선이 사고라도, 다른 연계선으로 전력의 조류를 부하시킬 수가 있기 때문에 사고시의 공급 신뢰도가 더욱 향상된다(전원 내지 부하탈락의 빈도가 작아진다).
- ③ 송전계통의 유효전력 손실 내지 무효전력손실을 경감할 수 있기 때문에, 송전효율이 높아진다.
- ④ 무효전력 손실의 감소로 인하여 전압의 저하가 감소되고, 전력용 콘덴서도 절약된다.
- ⑤ 종전계통의 설비이용률이 향상되어 설비의 투자를 절감할 수가 있다.
- ⑥ 타 계통에 걸친 루프 운용의 경우에는 계통을 연계한 경우와 동일한 메리트가 얻어진다. 예를들면, 자기계통내의 사고시에 타계통에서 응원전력을 수전하여, 공급의 신뢰도를 향상시킬 수가 있다.
- ⑦ 계통이 일체화되어 있으므로, 전원개발 지점을 선정하는 범위가 넓어진다. 그리고, 타 계통에 걸친 루프로 하였을 때에는,
 - 공급 예비력의 절감
 - 전원개발의 합리화
 - 계통의 종합 운용
 - 계통의 안정도 향상
 등의 면에서 커다란 메리트가 있다.

(2) 루프 운용의 결점

- ① 연계선의 조류 조정이 어렵다. 단, 계통내의 조류를 적절하게 제어하는 장치(위상조정기, 직렬콘덴서 등)를 설치함으로써, 연계선의 조류 조절을 용이하게 할 수는 있다.
- ② 단락 내지 지락전류가 증가하기 때문에 종전계통의 각 설비를 고 임피던스로 하고 동시에 직렬리액터의 설치, 일부 변압기의 비접지화, 차단기의 교환, 고장구간의 고속도 차단, 통신선에 대하여 전자유도대책의 의뢰 등을 검토하여, 필요에 따라서 채용하지 않으면 안된다.
- ③ 루프 운용의 한도를 초과한 과혹한 사고

(예를들면, 연계선이 과부하 상태에서 차단된 경우)일 때에는, 계통 전체에 과급 확대하여, 진계통 탈조, 광범위 정전으로 발전될 염려가 있다.

- ④ 송전용량에 커다란 차가 있는 송전선에서 루프 운용을 하면 송전용량이 큰 송전선의 1회선 또는 루프사고에, 다른 송전선이 과부하되며, 방사형 운용보다도 전원 또는 부하의 탈락량이 증가하는 경우가 있다.

선로정수가 불평형으로 기인하는 영상 순환전류에 의해서 지락 릴레이가 오동작하거나, 소손될 우려가 있다. 때문에 영상 순환전류를 극히 감소 시키고, 동시에 릴레이 방식으로서 파이롯트 와이어 방식 등을 채용해서 대처할 필요가 있다.

【문제 9】 초고압 변전소 설계시 환경대책상 검토해야할 사항을 듣고 대책에 대하여 기술하시오.

756kV급 변전소는 그 규모가 극히 크고, 특히 최근에는 도시화의 발전이 심한 지역이나 경관이 아름다운 산악 구릉지에 건설되는 경우가 많기 때문에, 주변 지역사회와의 조화·자연환경의 보호 등 환경대책상 다음과 같은 점에 충분한 검토를 요한다.

(1) 소음의 발생과 대책

- 변압기, 분로리액터 등
- 차단기, 단로기 등
- 압축공기 발생장치 등에서 생기는 소음이 검토사항이다.

① 변압기, 분로리액터 등의 소음대책

- 기기의 설계 제작면에서는 자기 일그러짐이 적은 구조강을 사용하여, 자속밀도를 낮게 잡는다. 저소음 쿨러나 송유자냉식 쿨러 등을 채용하여, 진동발생 부분과의 사이에는 방진 패킹이나 방진 접수 등을 사용한다.
- 본체를 강철판 등으로 밀폐하거나 콘크리트 방음벽이나 건물로 덮는 등 외부의 구조물

로 소음을 차단한다.

② 차단기 단로기 등의 소음대책

- 근본적으로 가스차단기나 진공차단기 등 저소음의 기종을 채용하고, 공기차단기에는 머플러를 설치해서 소음을 저하 시킨다.

③ 압축공기 장치 등의 소음대책

- 수납하는 건물을 방음구조로 하거나, 경계 부근에는 설치하지 않도록 해서 외부에의 소음을 방지한다. 기타 일반적인 대책으로서, 기기 배치나 거치방향을 연구해서, 소음의 전파 방향을 민가 방향으로 향하지 않도록 하거나, 경계선에 차음벽을 설치 또는 식수를 하는 것도 유효한 대책이다.

(2) 화재 및 누유의 대책

- 화재발생의 방지
- 소화
- 누유의 방지 등이 검토사항이다.

① 화재발생 방지대책

기름을 사용하고 있는 변압기로부터의 화재 발생 방지가 중점이며, 먼저 변압기 본체가 파괴되지 않도록 탱크를 보강하거나, 사고시에는 고속차단을 위하여 고속 릴레이나 차단기를 설치하여, 출화로 이르기 전에 운전정지 시킨다.

② 소화장치의 보강

고정식 소화장치를 설비하여 출화와 동시에 작동시켜서 자동소화 시키거나, 유사 연소를 방지하기 위하여, 방화벽이나 수막, 자갈 등을 설치한다.

③ 누유 방지장치

변압기 주변에 기름이 고이는 장소를 만들거나 기름, 수분 분리장치 등에 의해서 유출된 기름을 구내에서 멈추도록 한다.

(3) 정전유도와 방지대책

전기회로에서 그 이외의 부분으로부터의 정전유도가 검토사항이 된다.

- ① 전기회로에 대한 대책으로는 상배열을 연구하여, 인접회선과의 사이에서 동상을 이웃하

