



제57회 발송배전기술사 문제 해설 ②

◆ 자료제공 : 서울공과대학원

해설/기술사 용인총담대 교수 유상봉

기술사 두 원 공 대 교수 김세동

본 시험정보는 '99. 4. 25 시행한 국가기술사
격검정 기술사분야에 출제된 1교시 ~ 4교시의
시험문제로서 2교시를 발췌하여 게재합니다.

[회원출판과]

2 교 시

【문제 1】 유연송전(FACTS)에 사용되는 기기에는
TCSC, STATCON, TCR, UPFC가 있다.
각 기기별로 보상원리가 3가지 영역
(Category)중 어디에 속하는지 구분하시오.
보상대상과 제어목적에 대하여 논하시오.

☞ 협회지 5월호에 게재된 「제55회 발송배전기
술사」 문제 해설(4교시)의 【문제 5】 풀이 내용
과 같으므로 생략합니다(p 45~49 참조바람).

【문제 2】 가스터빈 2기와 스팀터빈 1기로 복합화력
발전소를 설계하고자 한다. 사용되는 주요
기기의 상호연결 관계를 물, 연료, 공기의
흐름도(flow diagram)로서 표기하시오.

1) 복합화력발전의 개요와 특징

복합 사이클이란 증기터빈에 의한 기력 발전방
식에 기력 이외의 방식(가스터빈, MHD 등)을 조
합시켜서 종합적인 열효율의 향상을 도모하는 방
식을 말하는데 현재 가장 많이 쓰이고 있는 것은
가스터빈과 증기터빈과의 조합이다.

이 발전시스템은 우리나라에도 지난 1977년부터
도입되어 현재 울산에 32만[kW](가스터빈 55
[MW]×4대, 증기터빈 100[MW]), 군산, 영월에 각
각 같은 규모의 30만[kW](가스터빈 50[MW]×4
대, 증기터빈 100[MW])로 합계 92만 [kW]가 설치
되고 있다.

이 복합 사이클 발전의 특징으로서는 다음과 같
은 것을 들 수 있다.

- ① 열효율이 높다(현재의 가스 온도 1100[°C]급
에서 43[%] 정도)
- ② 기동 정지 시간이 짧다(소용량이기 때문에
기동 정지 시간이 짧아 600[MW]급 기력의
최단 2.5시간에 대해 복합 사이클에서는 약 1
시간으로 가능하다).
- ③ 자체 단독 기동이 가능해서 비상용 전원으로
적합하다.
- ④ 부분 부하에서의 효율이 높다(소용량의
복수 설치이기 때문에 경부하시에는 운전 대

수를 줄여서 효율 저하를 방지함).

- ⑤ 복수기의 냉각 수량이 적고 온배수도 적다 (기력 방식에 비해 증기터빈의 출력 분담이 적기 때문).
- ⑥ 배기량이 많아지기 때문에 NOx 등의 배기 대책이 필요하다.
- ⑦ 소음 대책이 필요하다.
- ⑧ 불순물이 적은 양질의 연료를 필요로 한다.

2) 복합발전의 구성도와 개요

가스터빈 2기와 증기터빈 1기로 복합발전의 구성도를 나타내면 그림 1과 같으며, 배열회수형으로 구성한다.

가스터빈은 기체(공기 또는 공기와 연소 가스의 혼합체)를 압축, 가열한 후 팽창시켜서 기체가 보

유한 열에너지를 기계적 에너지로 끄집어내는 열기관이다. 그리고, 증기터빈은 연료를 연소시켜 발생한 열에너지로 물을 증기로 바꾸고 증기가 갖는 에너지로 증기터빈 발전기를 회전시켜서 전기를 발생하고 있다.

3) 물, 연료, 공기의 흐름도

가스터빈+증기터빈의 복합발전에 있어서 물, 연료, 공기의 흐름도를 나타내면 그림 2와 같다.

구성설비의 개요를 설명하면 다음과 같다.

- ① 爐(Furnace) : 연료를 연소하여 고온의 연소 가스를 발생시키는 부분이고, 스토커(급탄기) 또는 버너로 연료가 공급되며, 압입송풍기로 공기가 공급된다.
- ② 증발부 : 연소가스에 의하여 물을 가열하는

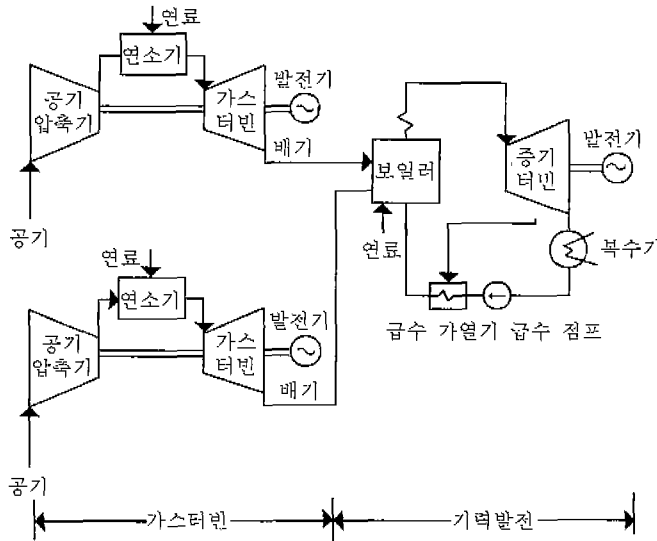


그림 1 복합발전의 구성도

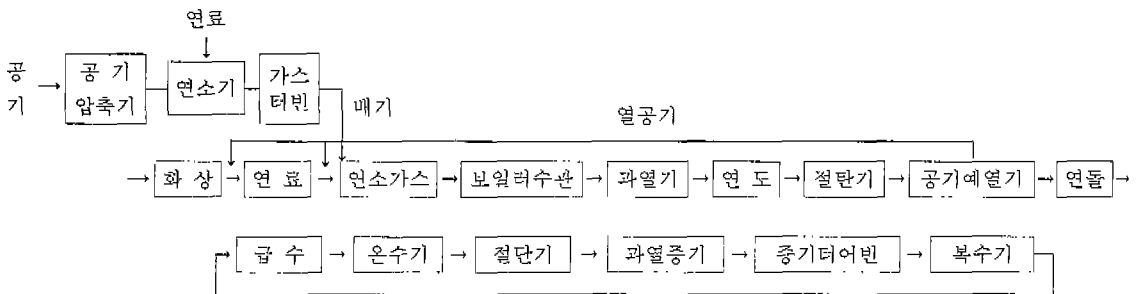


그림 2 복합발전의 물, 연료, 공기 흐름도



부분이고, 수관과 드럼(드럼은 보일러수를 저장하고, 증기를 발생하는 원통형 용기)으로 되어 있다.

- ③ 과열기(Superheater) : 드럼에서 나온 증기를 가열하여 과열증기로 하는 부분이다.
- ④ 재열기(Reheater) : 터빈에서 어느정도 팽창한 증기를 추출하여 다시 보일러에서 처음의 과열온도 부근까지 온도를 높이는데 사용하며, 재열 사이클을 행할 경우에 설치된다.
- ⑤ 급수가열기(Feed Water Heater) : 터빈에서 팽창한 증기의 일부를 복수기에 보내기 직전에 추출하여 보일러수를 가열하는 부분이고, 재생 사이클을 행할 경우에 설치된다.
- ⑥ 절탄기(Fuel Economizer) : 연도로부터 연료가 배출되는 연소가스가 보유하는 열을 회수하여 보일러수에 주는 것이 절탄기이며, 폐열의 일부를 회수하기 위하여 설치된다.
- ⑦ 공기예열기(Air Preheater) : 연도에 나오는 연소가스를 이용하여 로(爐)에 공기를 가열하는 부분이고, 폐열의 일부를 회수함과 동시에 노의 온도를 높이기 위하여 설치된다.
- ⑧ 급수장치 : 증기의 소비량에 의하여 보일러에 물을 공급하고, 또 이것을 가열하는 장치이며, 급수처리장치를 포함한다.

디지털 계전기는 여러가지 뛰어난 장점을 갖고 있지만 정지형 계전기와 마찬가지로 하드웨어가 전자부품으로 구성되어 있기 때문에 전력계통으로부터의 정전유도, 전자유도에 의한 과전압이나 계전기 회로의 보조계전기의 개폐에 따른 서지전압에 취약하다는 약점이 있다. 그래서 계전기에 연결되는 교류 입력 케이블이나 직류 케이블을 타고 들어오는 서지성 전압에 부품이 파손을 입게 되고 불필요한 오동작 사고를 일으킬 수 있다. 차폐 케이블을 사용하여 이러한 사고를 줄이고 있지만, 광 화이버 케이블을 이용하면 이런 사고에서 벗어날 수 있다.

2) 구성 및 장점

광 화이버는 석영(石英)질로 된 코어(Core)라고 하는 굴절률이 큰 부분과 클래드(Clad)라고 불리는 굴절률이 작은 부분으로 구성되어 있으며, 광 신호는 이 경계면에서 전반사를 반복하여 코어를 전파해 간다.

이 광 화이버는 그림 3과 같이 정보전송로로 이용되는데 전송 손실이 적고, 유도를 받지 않으며, 대량의 정보를 보낼 수 있는 이점과 주성분인 석영은 지구상에 무진장 있기 때문에 자원절약면에서도 앞으로 그 이용이 크게 증가할 것으로 전망된다.

광 화이버 케이블은 광 화이버 몇가닥을 묶어서 케이블화한 것이며, 전력용으로는 광 화이버의 무유도성을 살리기 위하여 비금속 케이블 구조로 하고 있다. 송전선의 가공지선 내부에 광 화이버를 삽입하고 일체구조로 한 것을 광 화이버 복합가공지선(OPGW : Ground with Optic Fiber)이라고 하

【문제 3】 광통신설비를 사용하여 디지털 보호계전 신호전송 시스템을 구성할 때 이 시스템의 구성요소, 이 시스템의 장점을 논하시오.

1) 개요

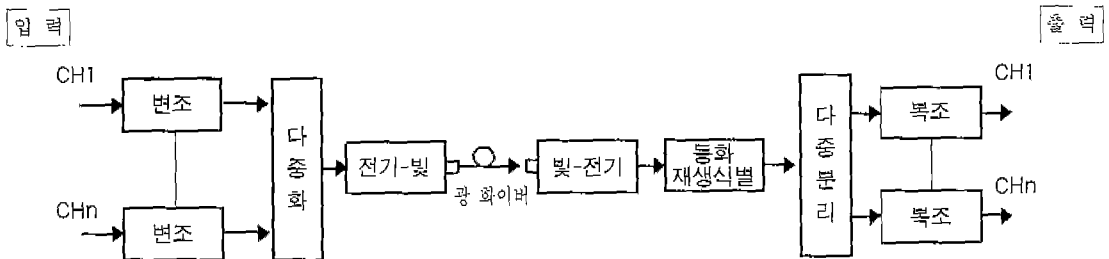


그림 3 광통신설비의 기본구성

여 전력회사에서 마이크로파 무선과 함께 통신(정보)전송로로 이용하고 있다.

3) 응용 예

광통신 시스템의 응용 예를 들면, 초고압 송전선 보호용 전류차동계전방식에서 보호장치와 신호전송장치간의 신호전송에 광 화이버 케이블을 이용하며, 또 상대 단자와의 전류순시치 정보를 송수신하는 데에 마이크로파 무선 대신에 OPGW 회선이 이용되기도 한다. 그 밖에 전력 케이블 고장검출 시스템, 가공 송전선 감시 시스템, 발·변전소구내 광통신시스템 등도 그 이용 예라 할 수 있다.

디지털 계전기의 적용이 확대되고 있는 가운데 발·변전소의 보호 시스템과 제어 시스템을 통합

한 보호제어 통합시스템(Integrated Protection and Control System)이 세계적으로 연구되고 있다. 변전소를 디지털 통합시스템으로 하는 목표는 변전소에 있어서의 다량의 복잡한 정보의 전달과 처리의 합리화에 있다.

예를 들면 그림 4(a)는 미국 EPRI 연구소의 예이며, 변전소 구내의 정보를 디지털화하여 광전송로를 통해 제어실의 디지털 계전기에 전송하고 있다. 또 각 보호계전기는 데이터 하이웨이(Data Highway)를 거쳐서 변전소의 제어용 컴퓨터와 결합되어 있다. 이렇게 변전소 내의 각 Feeder의 계측제어와 보호를 통합하여 종합자동화를 이루는 것이다.

그림 4(b)는 일본의 연구 예인데 각 보호계전기는 GIS, 변압기 등 중요기기 근방에 분산배치하고,

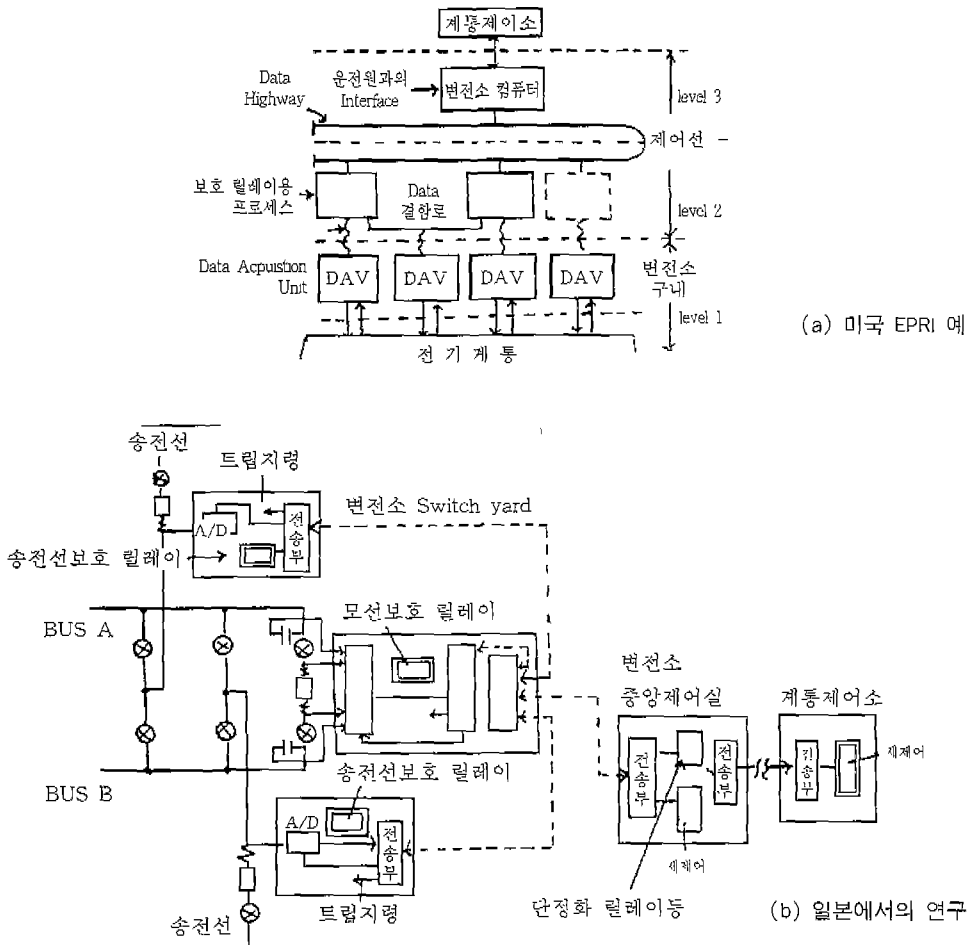


그림 4 통합 디지털 보호제어시스템 예



각 보호계전기 간에 필요한 정보나 중앙제어실로 보내는 정보는 디지털 데이터로 하여 모두 광 전송로를 거쳐서 전송하고 있다.

【문제 4】 다음 사항을 간단히 설명하시오.

- ① Sub Synchronous Resonance 발생조건
- ② Phase Shifter
- ③ Off Nominal Turn Ratio

① Sub Synchronous Resonance 발생조건

Sub Synchronous Resonance (SSR)은 저주파 축비틀림 공진현상으로 발전기와 송전선으로 이루어진 전기 시스템이 발전기 및 터빈 등으로 구성된 기계 시스템과 동기 주파수보다 작은 고유 주파수로 에너지를 상호 교환하면서 진동하는 상태를 의미하는데, 심할 경우 터빈과 발전기의 축을 파괴

하는 결과를 초래하기도 한다.

교류 송전 시스템에 있어서 직렬 커패시터 보상법은 부하에 많은 전력을 공급할 수 있고, 선로의 부하 분담을 조절하며, 과도상태의 안정성을 향상시킬수 있는 매우 효과적인 방법으로 알려져 있지만 그 적용에 주의가 필요하다.

→ SSR 억제 방법

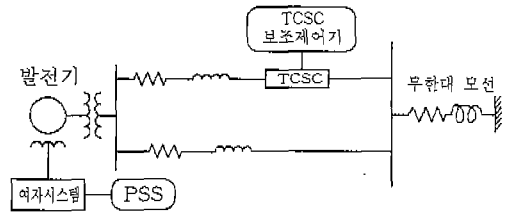
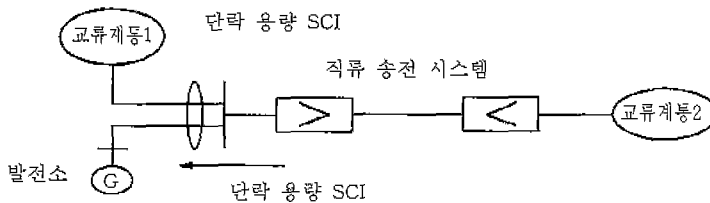
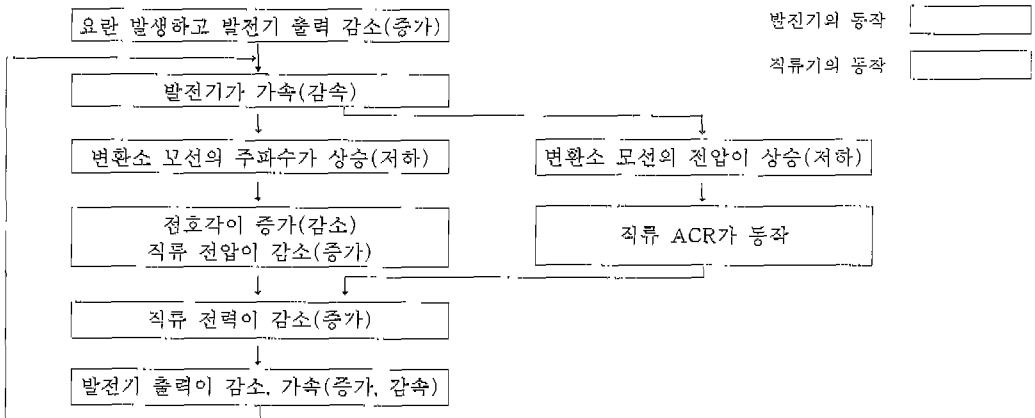


그림 5 TCSC+PSS 모델



(a) 모델 계통



(b) 발생의 매카니즘

그림 6 축 뒤틀림 진동현상 발생원리

송전선로의 직렬 보상을 고정형 직렬 커패시터 대신 FACTS 기기중 하나인 TCSC(Thyristor Controlled Series Compensator)를 이용하여 가변형 직렬 커패시터로 구현한다면, 발전기 여자 시스템의 보조제어기인 PSS (Power System Stabilizer) 와 TCSC 보조 제어기를 동시에 채용하여 SSR을 더욱 효과적으로 억제할 수 있다(그림 5 참조).

〈참고〉 직류 송전계통의 SSR 억제기술

발전소 근방에 직류송전 계통이 접속되는 경우, 어떠한 원인으로 인해 계통 요란이 발생하여 발전기의 각속도가 증가(감소)하였을 때, 이 상호작용에 의해 직류전력이 감소(증가)하면 전기적 덤핑이 음이 되어 축 뒤틀림 진동(SSTI : Sub Synchronous Torsional Interaction)현상이 발생한다(그림 6 참조).

이러한 축 뒤틀림 진동은 진동 억제 기능을 직류 송전 제어계에 부가함으로써 발전기가 직류전 계통에 가까이 설치된 경우에도 상호 작용이 없는 안정된 운용이 가능해진다.

따라서 발전기의 축 뒤틀림 진동을 검출하여 직류전력을 제어함으로써 진동을 억제할 수 있다.

② Phase Shifter

전압 또는 전류의 위상각을 필요한 위상각으로 변환시키는 장치를 Phase Shifter (위상 변환기 : 位相 變換器)라고 하며, 변환원리는 Slidac를 이용한 移相法이 사용된다. Phase Shifter에는 일반적으로 3상 위상 변압기와 단상 위상 변압기가 있으며, 두 가지 공히 3상으로 입력받아 3상 또는 단상의 0~ 360° 사이의 연속조정이 가능한 출력을 제공하게 되는데, 이때의 출력전압은 일반적으로 연속조정이 가능하다.

전압·전류회로 사이의 위상각 변환은 전압의 위상을 변환하는 법과 전류위상을 변환하는 법의 두 가지가 사용되고 있으나, 보편적으로 전압의 위상을 변환하는 법이 많이 사용되고 있으며, Phase Shifter는 대표적인 전압 위상 변환기이다.

또한 Phase Shifter는 거리 계전기, 방향 계전기 등의 시험시에 사용되는데 이는 각 계전기의 동작에 필요한 위상각을 변환하여 제공함으로써 가능하다.

③ 기준외 권선비(Off Nominal Turn Ratio)

기준외 권선비(其準外 捲線比)는 변압기 권선비가 기준 변압기와 같지 않을 경우로서 그림 7과 같이 변압기의 한쪽이 ①에 연결되고 다른 한쪽이 송전선을 거쳐서 모선 ②에 연결되어 있는 것이다. 그림에서 E_1, E_2, I_1, I_2 는 각각 변압기의 고저압측의 전압, 전류를 기준 변압비로 환산한 것이며, 이상 변압기의 권수비 $1:n$ 은 변압기 권선비가 기준 변압비에 비해서 얼마만큼 벌어져 있는가를 나타낸 것이다. 그리고 Z 는 변압기의 누설 임피던스와 선로의 임피던스를 합계한 것이다.

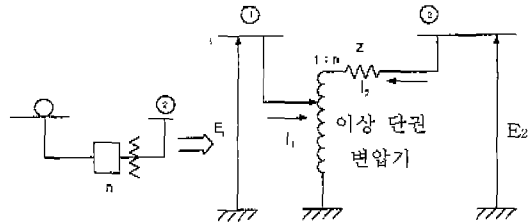


그림 7 기준외 권선비 변압기

이 회로의 어드미턴스로 표현된 π 등가회로는 그림 8과 같다.

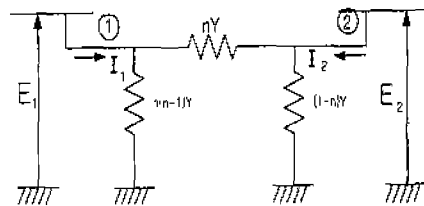


그림 8 어드미턴스 표현의 π 형 등가회로

기준외 변압비의 변압기가 있을 경우에는 다음과 같은 순서로 어드미턴스 행렬을 만들어 나가면 된다.

- ① 먼저 기준외 변압비를 무시해서 (즉, $n=1$ 로



된다) 어드미턴스 행렬을 구한다.

- ② 기준의 변압비를 가지고 있는 변압기에 연결되고 있는 모선의 자기 어드미턴스에 $(n^2 - 1)Y$ 를 더해 준다. 여기서 Y 는 기준의 권선비 변압기가 들어가기 전 모선에서 구해 놓은 그 모선의 자기 어드미턴스이다.
- ③ 변압기가 연결되고 있는 모선의 반대측 모선에서 본 자기 어드미턴스는 그대로 아무 변동이 없다.
- ④ 변압기 양단의 모선간의 상호 어드미턴스에 $-(n - 1)Y$ 를 가산해 준다.

【문제 5】 가역 펌프수차(Reversible Pump Turbine)가 양수용 발전 수차로서 보급된 이유와 양수발전소의 최근 기술에 대하여 논하라.

1) 가역 펌프수차의 특징과 보급 이유

최근 양수 발전소용으로 펌프수차가 새로운 각광을 받고 있다. 즉 한대의 기기로 펌프와 수차를 겸용하는 것으로서 1개의 러너가 발전시에는 수차로서 작용해서 동력을 발생하고 양수시에는 이것을 역회전시킴으로써 양수펌프로써 사용하도록 한 것인데 기술의 진보와 수요 형태의 변화에 따라 점점 대용량 고낙차화 되어가는 경향이 있다.

가역 펌프수차의 특징을 들면 다음과 같다.

- ① 수차와 펌프가 공용이므로, 발전소 전체의 건설비는 싸게 든다.
- ② 수차와 펌프의 경우 회전방향이 반대가 된다. 가역 펌프수차로서는 프란시스형이 채용되고 있다.
- ③ 수차와 펌프의 특징을 만족시키는 양용기는 수차 또는 펌프로서의 전용기보다 특성이 떨어진다.
- ④ 운전상태의 변환시에는 한번 운전을 정지한 후, 다시 반대방향으로 돌리기 때문에 상당한 시간을 필요로 한다.

우리나라에서도 현재 청평 양수발전소(20만[kW] × 2대) 및 삼랑진 양수발전소 (30만[kW] × 2대)에서 이 가역 펌프수차를 사용해서 양수, 발전을 운

용하고 있다.

2) 양수발전소의 최근 기술동향

현재 출력조정은 화력발전소 및 수력발전소로 행하고 있지만, DSS(Daily Start and Stop)운전용 화력발전소의 증가에 따라 심야 등 경부하시에 AFC(자동 주파수 제어)용량의 부족이 문제시 되고 있다. 이의 대책으로서 양수발전소의 양수운전은 전력회사의 독자적으로 제어 가능한 부하이고, 이 부하조정이 가능하다면 AFC용량이 확보될 수 있으므로, 최근 가변속 양수기술이 적극 이용되리라 본다.

가변속 양수기의 효과를 들면 다음과 같다.

- ① 부하 변화폭의 확대
- ② 발전 운전시의 효율 향상
- ③ 유효 전력 응답성의 향상
- ④ 계통 동요의 억제 향상

1990년도 이후 일본에서는 6개소의 양수발전소에서 가변속 양수 기술을 적용하고 있으며, 인버터 방식이 3개소, 싸이크로 컨버터 방식이 3개소이다.

【문제 6】 환경과 연료수급 측면에서 원자력 발전소의 필요성에 대하여 논하라.

우리나라에서의 원자력 발전은 에너지 정세 및 경제적 측면에서 늘어나는 전력 수요에 부응하고 에너지원의 다원화를 기한다는 뜻에서 그 필요성이 크게 인식되어 적극적으로 개발되고 있다.

원자력 발전의 잇점으로는 다음과 같은 점을 들 수 있다.

- (1) 원자력 발전소는 화력 발전소에 비해 건설비는 높지만 연료비가 훨씬 적게 들므로 전체적인 발전 원가면에서는 유리하다.
- (2) 원자력은 다른 연료와는 달리 연기, 분진, 유황이나 질소산화물 가스 등 대기나 수질, 토양 오염이 없는 깨끗한 에너지이다.
- (3) 원자력의 경우에는 연료인 우라늄 1[g]에서 석탄 3[t]에 해당하는 열에너지가 얻어지므로 원자력 발전에서는 연료의 수송, 저장, 장소

에 관한 문제는 거의 없다고 할 수 있을 정도이다.

- (4) 핵연료로서는 현재 천연 우라늄과 농축 우라늄을 쓰고 있는데 그 소모량이 적기 때문에 보통 1년 내지 수년분을 한꺼번에 로(爐) 내에 장전해서 어느 일정한 기간마다 조금씩 새로운 연료와 교환하면서 사용하고 있다. 그 밖에도 화력 발전에서는 사용이 끝난 연료는 회(灰)로 되지만 원자력 발전에서는 사용이 끝난 연료(즉 회(灰)에 상당함)에서 뿐만 아니라 사용중에도 핵반응을 통하여 새로운 연료(가령 94Pu 239 등)가 계속 생산된다는 특징이 있다.
- (5) 핵분열에 의해서 생기는 방사능이 원자로 주변에 누출되거나 환경을 오염시킬 우려가

있으므로 특히, 안정성과 방사능 대책에 유의할 필요가 있다. 즉 원자로의 로(爐)내에서는 핵분열에 따라 α 선, β 선, γ 선 및 중성자가 항상 방출되고 있는 외에도 방사능을 가진 핵분열 생성물이 연료 요소 내에 축적되어 나오므로 원자로가 정지중이더라도 상당량의 방사능이 원자로 내에 내장되어 있다. 따라서 이러한 위험물질이 원자로 시설 밖으로 누출되지 않도록 안전의 대책을 세워 둔다는 것이 원자력 발전에서는 가장 중요한 사항으로 되어 있다.

- (6) 원자력 발전소는 여러 분야의 첨단 기술이 모인 종합체로서 원자력 발전소의 설계, 건설, 운전은 국내 관련 산업 발달을 크게 촉진한다.

전기 기술사 소방강좌

• 노동부 • 교육부 • 지자체 지정 교육기관

“전기에 관한 한 최고의 명문임을 자부합니다”

1964년 국내최초로 설립한 이래— 34년간 150,000여명의 전기기술자를 배출한 최고의 명문!!

- 전기공사(산업)기사반 ▶ 강의시간 • 오전반 10:00~12:30 • 각 과정 고대근무자 수강가능
- 전기(산업)기사반 • 야간반 7:00~ 9:30 • 학원 자가빌딩으로 최고의 시설관리
- 전기기능사반 ▶ 개 강 • 정규반: 매월 10일 • 기초부터 상세미 책임지도
- 소방설비기사(전기&기계)반 • 필기/실기특강: 공단원서접수 첫날 • 최고의 권위를 자랑하는 전임강사진
- 전기철도(산업)기사반

발송배전 건축전기 전기철도 기술사

- 개강 • 수요일 7월 7일 일요일 7월 11일 토요일 7월 10일
- 강의시간 • 수요일 19:00~22:00 • 일요일 10:00~15:00 • 토요일 16:00~20:00
 - 강사진: 분야별 과목별로 세분화된 최고의 권위강사진
 - 유상봉: Y대교수/국내최대 5종목기술사(방송배전 건축전기 전기안전 전기응용 소방안전)
 - 김세동: D대교수/ 기술사/ 한전 한국건설기술연구원 수석연구원 역임
 - 전영수: 기술사/ H권설턴트 전무이사/ 한국전력기술인협회 기술전문위원
 - 임철교: 기술사/ 경영지도사/ 동일출판사 저자 카 2인 ? 전기철도 3인 발도

실직자 무료교육

- 모집대상: 전기공사(산업)기사 전기(산업)기사 또는 전기기능사를 취득하고자 하는 실업자 및 실직자
- 모집인원: 000명(지역 국비지원) ■ 교육기간: 6개월
- 제출서류: 주민등록등본, 통장사본(수당 입금용), 사진, 구직표 각 2부
- 특 전: • 수강료, 교재비 등 일체무료
- 교육중 교육수당, 교통비 가족수당 지급(지역국비지원)
- 노동부전신상을 통한 취업원서, 노동부인정 수료증 발급

■ 서신강좌: 지방거주자 및 직점수강이 어려운분 대상 • 실시종목: 전기(산업)기사, 전기공사(산업)기사, 소방설비(산업)기사

서울공과대학원 676-1113~5

서울 영등포구 당산동1가 455번지 (지하철 2.5호선 영등포구청역 하차, 5번출구에서 70m)