



제57회 발송배전기술사 문제 해설 ①

◆ 자료제공 : 서울공과대학원
해설/기술사 용인송담대 교수 유상봉
기술사 두원공대 교수 김세동

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

[회원출판과]

1 교 시

【문제 1】 전력수요관리(Demand Side Management)에 관련된 용어로서 회피비용(Avoided Cost)의 의미를 간단히 설명하십시오.(10점)

1. 회피비용의 개념

회피비용이란 “어떤 전력회사가 어떤 NUG로부터의 전력의 구입, 또는 DSM에 의한 에너지 절감이 없었더라면 자체적으로 설비를 건설하여 발전하거나 타 전력회사로부터 전력을 구입함으로써 발생하게 될 설비비용 및 에너지 비용”으로 정의된다.

2. 회피비용의 종류

(1) 회피설비 비용(Avoided Capacity Cost)

발전설비 능력의 증가, 또는 수요 감소에 따른 전력회사의 신규 발전설비의 도입 취소, 지연, 규모 축소 등에 따른 비용 감소분을 의미한다.

일반적으로 회피설비 비용은 발전, 송전, 배전 등 전력설비의 건설비, 투자자본에 대한 지급이자 및 투자보수, 고정O&M비, 기타 세금 및 보험비용 등 일체의 고정성 경비를 포함하게 되며, 이는 크게 설비관련 비용과 고정비용으로 구분된다.

(2) 회피에너지 비용

회피에너지 비용은 NUG로부터의 전력구입이나, DSM에 의한 에너지절감 등으로 인해 발생하는 전력회사의 발전비용 감소분으로서 발전연료비, 운전유지비용 변동분, 송전손실비용, 기타 환경비용 등이 포함된다.

(3) 회피비용 산정방법

① 소요수입 차액법(DRR:Differential Revenue Requirement)

DRR방법은 장기적인 관점에서 NUG설비의 구입, DSM프로그램에 의한 전력수요감소로 발생하는 전원계획의 변화와 그에 따른 전원설비 투자비의 변화를 파악하여 회피비용을 산정하

는 방법이다. 즉, 이를 NUG 구입 전력설비나 DSM프로그램의 수요절감분을 결정하고, 이를 포함시켜 전원계획 모형을 실행 했을 때의 총비용과 포함시키지 않았을 경우에 있어서의 총비용과의 차액을 현재가치화 함으로써 회피비용을 산정한다.

② 대체설비 기준방법

대체설비 기준방법은 DSM프로그램에 의한 부하수분의 감소로 인하여 전원계획상 회피될 설비를 선정하고, 그 설비의 투자비용 및 발전비용을 기준으로 회피비용을 산정하는 방법이다. 이때, 회피가능 설비의 선정은 기존의 설비 확장계획에 포함된 계획설비(Committed Unit)로 하는 방법과 DSM프로그램에 의한 수요감소 특성과 유사한 특성을 갖는 전력회사의 유사설비(Proxy Unit)로 하는 방법이 있을 수 있다.

③ 이연가치 기준방법

설비 확장시 요구되는 총비용중 구입전력, 또는 DSM에 의한 설비절감비용은 구입계약기간이나, DSM 프로그램 시행기간 만큼 연기되므로 설비확충의 연기에 따른 이익을 회피비용으로 부는 방법이다.

【문제 2】 대용량 발전기 단지에 설치하여 다음 기능을 수행하는 계전기는 무엇인가?(15점)

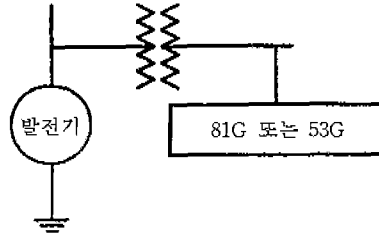
- ① 발전기 과여자에 의한 승압변압기의 보호
- ② 계통사고에 대한 후비보호
- ③ 발전기의 모터화 보호
- ④ 발전기 불평형부하에 대한 보호
- ⑤ PT퓨즈 용단에 대한 보호

1. 발전기 과여자에 대한 승압 변압기의 보호

저주파 과여자 보호계전기 (81G 또는 53G)

- 발전기, 주변압기, 소내변압기 등의 과여자로 인한 과열손상 방지가 목적
- 일반적으로 무부하시 $V/F=1.20$ 에서 45초 정도로 되어 있으나, 여타 조건을 고려하여 $V/F = 1.18$ 에서 45초로 제한하며, 그 이상시

는 2초 이내에 트립시킨다.
과전압 보호계전기(59G)



- 발전기, 변압기 등은 일반적으로 $\pm 5\%$ 까지 연속 운전 가능(규격화)
- 발전기 전압 상승은 변압기가 먼저 과여자되어 과열 손상될 위험성이 있어 이를 고려 과전압 보호 행한다.

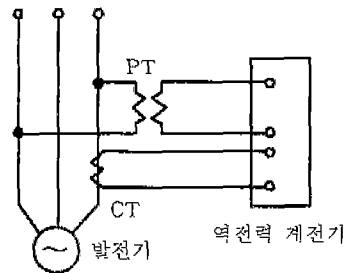
2. 계통사고에 대한 후비 보호

발전기의 과부하 전류보호와, 모선 송전선 등 외부 단락사고가 제기되지 않을 경우의 후비보호로 전압억제부 과전류 계전기(Voltage Restraint OCR)나 거리계전기를 적용한다. 또, 고정권선의 과열보호에는 서치 코일(Search Coil)을 쓴다.

그 외에 불평형고장에 대한 후비보호로는 역상 계전기(Negative Sequence Relay)를 쓴다.

3. 발전기의 모터화 보호

역전력 보호 계전기(67G)



Motoring 보호



발전기가 계통에 병입된 상태에서 원동기 입력이 없다면 발전기는 동기 전동기로 되어 문제없으나 풍손에 의한 열을 제거하지 못해 터빈 Blade가 가열되어 위험하여 수차엔 유량부족으로 Cavitation이 발생하기 때문에 발전기 Lead에서 전력의 방향을 모니터하여 경보, 또는 유닛을 트립시킨다.

4. 발전기 불평형에 대한 보호

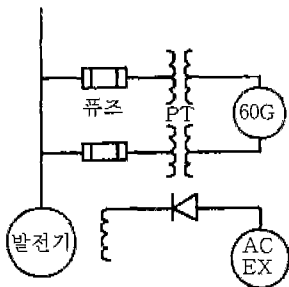
역상 과전류 계전기(46)

불평형 부하, 단상 부하 운전시는 고정자 권선에 역상전류가 흐르며, 이 역상전류에 의한 회전자에는 회전자 회전방향과 반대이기 때문에 2배 주파수의 와전류가 회전자 표면에 흘러 여자전류에 의한 온도 상승에 가해져 코일 절연물 소손, Wedge의 접촉부나 코일 보지환 등에 국부과열을 일으킬 위험성이 있으므로 이를 검출, 보호한다.

계전기는 역상 네트워크(역상분 검출회로)를 내장한 역상 과전류 계전기가 사용되며 일반적으로 0.63(PU) 이하에서는 경보 요소에 의해 경보하도록 되어 있으나 실제 동작은 발전기의 연속 허용한계인 0.07~0.09(PU)이며, 0.63(PU) 이상에서는 유도 원판형 한시 과전류 요소가 동작하여 발전기를 비상정지 시킨다.

5. PT퓨즈 용단에 대한 보호

전압 평형계전기(60G)



○ 발전기 출력측에 있는 어느 한 PT 회로의 퓨즈 단선시 전압을 공급받고 있는 계전기 및 AVR이 오작동하는 것을 방지하기 위해

설치

○ 고장측 PT전압이 20(V)이하하는 경우 동작하여 트립회로를 브로킹함과 동시에 경보한다.

(1) 발전기 과여자에 의한 승압변압기의 보호

발전기를 과여자하면 단자전압이 상승하고 지상 무효전류가 흐르게 된다. 따라서 과전압 계전기가 필요하게 되며 과전압계전기는 정격전압의 120~130%로 설정한다.

(2) 계통사고에 의한 후비보호

전력계통의 보호는 주보호와 후비보호로 구성된다.

- 주보호는 사고제거범위를 최소의 정전으로 끝나게 하는 차단지령을 내리는 방식이며 그 방식은 다음과 같다.

- 송전계통: (1계열)전력선 반송(또는 마이크로 웨이브)방향 비교저지 방식

- 후비보호

후비보호계전기는 주보호계전기로 보호할수 없을때 이것을 백업함과 동시에 사고과급의 확대을 방지하는 것으로 발전기에는 다음 것을 설치한다.

- 거리계전기 (21G)

- 전압역제부 과전류 계전기(51V)

(3) 발전기의 모터와 보호

발전기가 계통에 병렬운전하는 상태에서 원동기 입력이 무부하 운전을 하는데 필요한 입력 이하가 되면 발전기는 계통에서 전력을 받아서 동기 전동기운전이 되고 이때 터빈 날개가 과열하며 수차터빈에서는 물의 흐름이 적으면 캐비테이션의 염려가 있다.

보호용 계전기로는 역전력 계전기(Reverse Power Relay)를 사용하여 계통으로부터 발전기로 전력이 유입되면 계전기가 동작하여 발전기를 보호한다.

(4) 발전기 불평형 부하에 대한 보호

전력계통에 불평형부하가 걸리게 되면 대칭이 깨져서 정상, 역상, 영상 전류가 흐르게 되고 역상

전류는 모터에 와류가 발생되고 과열되게 되어 위험하게 되므로 역상계전기(Negative Sequence Relay)로 보호한다.

(5) PT퓨즈 용단에 대한 보호

PT퓨즈가 용단되면 전압관련 계측제어설비(전계 전력계 역률계 AVR 등)와 계전기(거리계전기, 역전력계전기, 제자상실계전기 등)에 문제가 발생하게되므로 이의 보호를 위해 양계통의 PT로부터 전압을 받아 어느 한쪽의 PT가 문제가 생기면 다른 PT로 절체사용할 수 있는 Voltage Balance Relay가 사용된다.

[문제 3] 가공 송전선로로부터 수전하는 초고압 변전소의 절연설계에서 변전소 및 가공 송전선로에 가공지선을 설치하여 ①로부터 변전소를 보호하고 ②를 보호하기 위해서 피뢰기를 변압기 가까이에 설치하여 ③이 상승하여 변압기에 이르는 전압이 변압기의 ④보다 낮게 한다. 상용주파지속성 이상전압의 원인은 ⑤이다.(10점)

- ① 직격뢰 ② 유도뢰 ③ 단자전압 ④ 절연강도
- ⑤ 무부하 송전선의 페란티 효과, 부하 차단시 전압상승, 발전기의 자기 여자 현상, 1선 접지사고시 전전상의 전위상승, 탈조로인한 이상전압

[문제 4] Demand controller의 기능과 효과에 대하여 간단히 설명하십시오.(10점)

1. Demand controller의 개요

이 장치는 디맨드 컨트롤에 의한 피크전력을 억제하기 위하여 마이크로 프로세서를 내장시킨 고도의 감시제어기능을 가진 최대수요전력 감시제어장치이다. 다시말해서, 항상 전력부하 상태를 감시하고 있다가 수요시한인 15분내에 사전에 설정된 목

표전력을 초과할 것 같으면 경보를 발생시킴과 동시에 일시적으로 차단 가능한 부하부터 순차적으로 최대 8개 회로까지 차단시켜 최대수요전력을 억제하는 장치이고, 부하가 떨어지면 다시 순차적으로 사전에 입력된 프로그램에 의해 부하를 투입시킨다.

2. 기능

최대전력 수요제어(Peak Demand Control)의 목적은 최대수요 전력의 증가를 방지하기 위한 것이며, 수용가의 시설에 악영향을 주지 않는 범위에서 일시적으로 차단할 수 있는 부하를 제어함으로써 최대전력을 억제하는 것이다.

3. 효과

- ① 최대수요전력을 억제함으로써 부하율 향상
- ② 변압기 시설용량의 여유 증가
- ③ 변압기 시설용량의 축소화가 가능하며, 설비 구성의 최적화 전기요금의 기본요금을 절감

[문제 5] 고조파 제거를 위한 능동필터(Active Filter)의 구성과 고조파 저감원리를 간단히 설명하십시오.(15점)

Active Filter는 수동 Filter와 같이 공진특성을 사용하지 않고, 인버터 응용기술에 의하여 역위상의 고조파를 발생시켜 고조파를 소거하기 위한 이상적인 Filter이다.

그림 1은 Active Filter의 접속도를 나타냈으며, 그림 2에 동작파형을 그려 보았다.

그림과 같이 Active Filter는 고조파 발생부하와 병렬로 접속한 것으로, 부하전류 I_L 을 CT에서 검출하고, 부하전류에 포함된 고조파 전류성분 I_H 를 끄집어 낸다.

이 I_H 를 전류제어의 기준신호로서 인버터에 흐르는 전류를 제어하는 것으로, I_H 와 역위상의 전류 IC를 Active Filter로 흐르게 함으로써 전원전류에 포함된 고조파 전류성분을 상쇄하기 때문에 전원 전류 IS는 정현파가 되는 것이다.

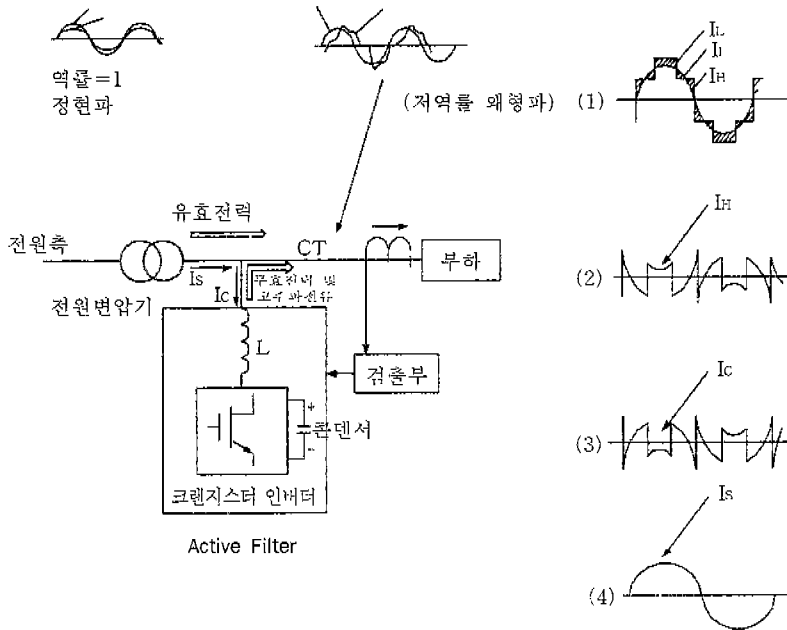
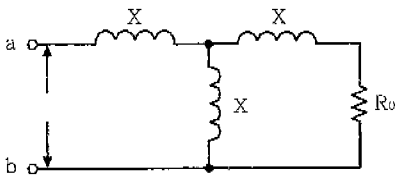


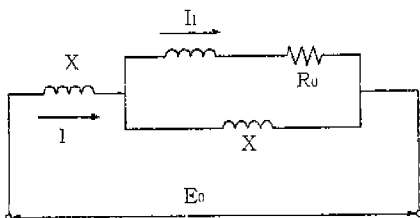
그림 1 Active Filter 접속도

그림 2 동작파형

[문제 6] 그림에서 E_0 가 일정할 때 R_0 를 얼마로 해야 단자 ab에서의 입력이 최대가 되겠는가? 단, X는 인덕티브 리액턴스 (Inductive Reactance)이다. (15점)



그림을 다시 그리면 다음과 같다.



전류 I, 저항에 흐르는 전류 I_1 , 전압피턴스를 Z라 하면

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{E_0}{Z} = \frac{E_0}{j\omega L + \frac{j\omega L (j\omega L + R_0)}{j\omega L + (j\omega L + R_0)}} \\
 &\times \frac{j\omega L}{j\omega L + R_0} \\
 &= \frac{E_0}{j\omega L (2j\omega L + R_0) + (j\omega L + R_0) \times j\omega L} \\
 &= \frac{E_0}{(2j\omega L + R_0) + (j\omega L + R_0)} \\
 &= \frac{E_0}{2R_0 + 3j\omega L}
 \end{aligned}$$

전력 P는 저항에서만 소비되므로

$$\begin{aligned}
 P &= I^2 R_0 = \left(\frac{E_0}{(2R_0)^2 + (3\omega L)^2} \right)^2 \times R_0 \\
 &= \left(\frac{E_0^2}{4R_0^2 + 9\omega^2 L^2} \right)^2 \times R_0
 \end{aligned}$$

따라서, 분자 R_0 를 소거하기 위해 분모, 분자를 R_0 로 나누면

$$P = \frac{E_0^2}{4R_0 + \frac{9}{R_0} w^2 L^2} \quad \textcircled{1}$$

가 되고, 최소의 정리를 적용해서

$$4R_0 = \frac{9}{R_0} w^2 L^2$$

$$4R_0^2 = 9w^2 L^2$$

$$2R_0 = 3wL \quad (\text{양변을 루트 취하면})$$

$$\text{따라서, } R_0 = 1.5 wL$$

일때 P 는 최대가 된다.

다른 방법으로 풀면, 식 ①에서 P 가 최대가 되기 위해서는 분모가 최소가 되어야 하므로 분모항에 대해서 R_0 에 대해 미분을 취한다.

따라서,

$$\frac{\alpha A}{\alpha R_0} = \frac{1}{\alpha R_0} (4R_0 + \frac{9}{R_0} w^2 L^2)$$

$$= 4 - \frac{9}{R_0^2} w^2 L^2 = 0$$

$$4 = \frac{9}{R_0^2} w^2 L^2$$

$$\therefore R_0 = 1.5wL \text{ 가 된다.}$$

【문제 7】 3상 교류 발전기에서 2상 단락시 단락 단자(b c)의 전압은 개방단자(a상)전압의 얼마로 되겠는가?(15점)

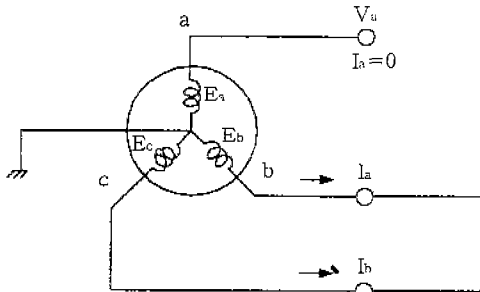


그림 1 선간단락 고장

그림 1에 나타난 바와 같이 3상 교류 발전기의 2상이 단락했을 경우 우선 주어진 고장 조건은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} I_a &= 0 \\ I_b &= -I_c \\ V_b &= V_c \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 먼저 전류 조건으로부터

$$I_a + I_b + I_c = 0,$$

$$\text{즉, } \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) = I_0 = 0 \quad (2)$$

이다. 그러므로

$$I_b = a^2 I_1 + a I_2$$

$$I_c = a I_1 + a^2 I_2 \quad (3)$$

를 얻을 수 있다. 이로부터

$$I_b + I_c = (a^2 + a)(I_1 + I_2) = 0$$

$$\therefore I_1 = -I_2 \quad (4)$$

또 $I_0 = 0$ 이므로

$$V_0 = -Z_0 I_0 = 0 \quad (5)$$

따라서

$$V_b = a^2 V_1 + a V_2$$

$$V_c = a V_1 + a^2 V_2 \quad (6)$$

이므로

$$V_b - V_c = (a^2 - a)(V_1 - V_2) = 0 \quad (7)$$

$$\therefore V_1 = V_2 \quad (8)$$

이다. 이것을 발전기의 기본식에 대입하면

$$E_a - Z_1 I_1 = -Z_2 I_2 = Z_2 I_1$$

$$\therefore I_1 = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2} = -I_2 \quad (9)$$

를 얻게 된다. 따라서 단락전류 I_b 는

$$\begin{aligned} I_b &= a^2 I_1 + a I_2 = (a^2 - a) I_1 \\ &= \frac{(a^2 - a) E_a}{Z_1 + Z_2} = \frac{E_{bc}}{Z_1 + Z_2} \end{aligned} \quad (10)$$

단, $a^2 E_a - a E_b = E_b - E_c = E_{bc}$

$$= \text{무부하 선간 전압}$$

다음에 a상 전압은 식 (5), (8), (9)를 써서

$$V_a = V_1 + V_2 = 2V_2 = \frac{2Z_2 E_a}{Z_1 + Z_2}$$

$$V_b = V_c = (a^2 + a) V_1 = -V_1$$

$$= -V_2 = -\frac{Z_2 E_a}{Z_1 + Z_2} \quad (11)$$



즉, 단락 단자 (b c상)의 전압은 개방 단자 (a 상) 전압의 1/2로 된다.

H: 유효낙차 [m]
 η: 종합효율

【문제 8】 중정도 낙차의 수력발전소에서 유효낙차가 변화하였을 때 그것에 의하여 수차의 최대출력은 어떻게 변화하는가? 단, 수차효율은 일정하다고 한다.(10점)

2. 토리첼리의 정리

$v = cv \sqrt{2gH}$ [%]
 단, g: 중력가속도
 H: 양정 (낙차)
 따라서, 유량 Q는

$$Q = Av = A \sqrt{2gH} \propto H^{\frac{1}{2}}$$

에 비례하므로 유효낙차가 변할 때 수차의 최대출력은

$$P \propto QH \propto H^{\frac{1}{2}} H \propto H^{\frac{3}{2}} \quad [kW]$$

에 비례함을 알 수 있다.

1. 수력발전소의 발전기 출력

$P = 9.8Q'H\eta \sim [kW]$
 단, Q: 유량 [m^3/s]

전기기술사 소방강좌

• 노동부 • 교육부 • 지자체 지정교육기관

“전기에 관한 한 최고의 명문임을 자부합니다”
 1964년 국내최초로 설립한 이래— 34년간 150,000여명의 전기기술자를 배출한 최고의 명문!!

<ul style="list-style-type: none"> ■ 전기공사(산업)기사반 ■ 전기(산업)기사반 ■ 전기기능사반 ■ 소방설비기사(전기&기계)반 ■ 전기철도(산업)기사반 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 강의시간 • 오전반 10:00~12:30 • 야간반 7:00~ 9:30 ▶ 개 강 • 정규반: 매월 10일 • 필기/실기특강: 공단원서접수 첫날 	<ul style="list-style-type: none"> • 각 과정 고대근무자 수강가능 • 학원 자기발달으로 최고의 시설완비 • 기초부터 상세히 책임지도 • 최고의 권위를 자랑하는 전일강사진
---	---	--

발송배전
건축전기
전기철도 **기술사**

개강 • 수요일 7월7일 • 일요일 7월11일 • 토요일강반: 7월10일

- 강의시간 • 수요일 19:00~22:00 • 일요일 10:00~15:00 • 토요일 16:00~20:00
- 강 사 진: 분야별 과목별로 세분화된 최고의 권위강사진
- 유상봉: Y대교수/국내최대 5종목기술사(발송배전 건축전기 전기안전 전기응용 소방설비)
- 김세동: D대교수/ 기술사/ 현직, 한국건설기술연구원 수석연구원 역임
- 전영수: 기술사/ H콘설립트 전우이사/ 한국전력기술인협회 기술전문위원
- 명철교: 기술사/ 경영지도사/ 동일출판사 저자 외 2인 *전기철도 3인 별도

실직자 무료교육

- 모집대상: 전기공사(산업)기사, 전기(산업)기사 또는 전기기능사를 취득하고자 하는 실업자 및 실직자
- 모집인원: 000명(전액 국비지원) ■ 교육기간: 6 개월
- 제출서류: 주민등록증본 통장사본(소당 입금용) 사진 구직표 각2매
- 특 전: • 수강료 교재비 등 일체무료
- 교양중 교육수당, 교통비, 가족수당 지급(전액국비지원)
- 노동부전신임을 통한 취업알선, 노동부인정 수료증 발급

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

서울공과학원 676-1113~5

서울 영등포구 당산동1가 455번지 (지하철 2,5호선 영등포구청역 하차, 5번출구에서 70m)