발송배전기술사 예상시험문제 및 해설

서울공과전기학원 제공
(02)2676-1113~5 / www.sgh.co.kr

시험 공부 요령

'기술사 자격 취득은 누구에게나' 가능한가?

누군가가 이렇게 묻는다면 '가능하다'고 자신있게 답할 수 있다. 기술사 자격 취득에 걸린 기간은 개인별로 그 차이가 커서 최소 8개월에서부터 길게는 5년 이상까지 다양하다.

기술사 필기시험은 1교시에서 4교시까지 각 교시당 100분, 총 400분 동안 치러지며 1교시는 주로 용어해설문제(단답형 주관식)가 출제되며 2, 3, 4교시는 논술형 문제가 출제된다. 문제지는 통상 1매, 답안지는 A4크기의 용지로 양면에 줄이 그어져 있으며 총 12페이지로 구성된다. 배점은 1교시 100분당 100점이며, 총점 400점 중 240점 이상 취득하면 합격이고 각 교시당 과락은 없다.

구분	문제수	시간	배점	답안 작성 기준
1교시	13문제 중 10문제 선택 (각 10점)	100분	100점	10점짜리 1문제당 1페이지 분량 10분 이내 작성
2~4교시	6문제 중 4문제 선택 (각 25점)	100분×3	100점×3	25점짜리 1문제당 2.5페이지분량 25분 이내 작성
		400분	400점	

정해진 시간 안에 답안지의 양을 얼마나 채울 수 있는지 직접 풀어 보는 연습이 필요하다. 본인이 완벽하게 알고 있는 문제라고 해서 계획없이 너무 많이 기술하면 공부한 부분의 개요부만을 서술하는 데에도 20분 가까이 소요될 수 있다.

욕심 부리지 말고 답안을 쉽고 폭넓게 작성하여 주어진 시간 내에 결론까지 도출해 내야 한다. 이는 오로지 평소에 모범답안을 작성해두고 부단히 쓰기 연습을 함으로써 점수와 시간의 조화를 얻어낼 수 있다.

112-119 발송배전기술사 예상문제.indd 112 2021-08-03 오후 7:35:32

문제 01

고조파가 콘덴서에 미치는 영향과 대책에 대하여 설명하시오.

| 해설 |

1. 개요

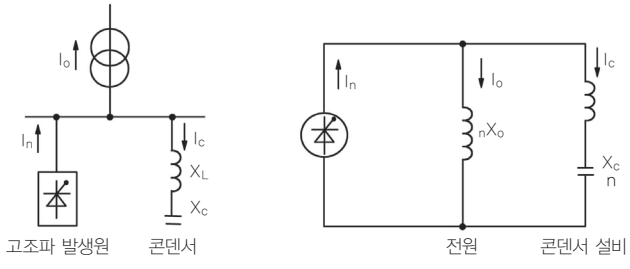
고조파 발생원이라고 할 수 있는 각종 사이리스터 및 반도체 응용기기, 전력전자기술 응용기기의 사용 증가로 인하여 전기수용설비 측에서 고조파에 의한 각종 사고 및 장해 요인이 크게 증가하고 있는 실정이다. 고조파가 미치는 영향으로 변압기, 회전기, 콘덴서 등에서의 이상음, 과열, 소손 등의 사고가 발생하고, 지시계기, 보호계전기 등의 오차, 오동작 등이 발생하고 있는 것으로 지적된다.

2. 고조파가 콘덴서에 미치는 영향

진상 콘덴서 설비에 대한 고조파 장해의 원인은 높은 주파수에서 저 임피던스로 되어 고조파전류가 유입하기 쉽다는 것과 용량성인 리액턴스 때문에 전원측의 유도성 리액턴스와의 사이에서 공진(회로 중 어느 부분의 전압 또는 전류가 특정한 주파수 부근에서 급격히 크게 변화되는 현상을 말한다)이 생겨 고조파전류가 확대되기 때문이다. 주로 다음과 같은 5가지 형태의 고조파 장해 현상이 나타나고 있는 것으로 지적된다.

(1) 공진현상의 발생

고조파의 발생원은 정전류원이라 생각되므로 **[그림 1]**의 (b)와 같이 등가회로를 생각할 수 있다. 즉, 부하에서 발생하는 n차 고조파전류 I_n이 전원측에 I_o, 콘덴서 측에 I_c로 분류하게 되며, 콘덴서로 유입하는 전류 I_c와 전원측에 유입하는 전류 I_o는 식 (1) 및 (2)와 같다.



(a)회로 구성도 (b)고조파 등가회로

[그림 1] 고조파 부하가 있는 전력계통과 등가회로

112-119 발송배전기술사 예상문제.indd 113 2021-08-03 오후 7:35:32

$$I_c = I_n \times \frac{nX_o}{nX_o + (nX_L - \frac{X_C}{n})}[A] \quad (1)$$

$$I_o = I_n \times \frac{(nX_L - \frac{nX_C}{n})}{nX_o + (nX_L - \frac{X_C}{n})}[A] \quad (2)$$

※ 위 식에서 각각은 다음을 나타낸다.

X_o : 기본파 주파수에 대한 계통의 리액턴스(전원 임피던스)
X_L : 기본파 주파수에 대한 직렬리액터의 리액턴스
X_C : 기본파 주파수에 대한 진상 콘덴서의 리액턴스이다.

① $(nX_L - \frac{X_C}{n}) < 0$ 일 때: 콘덴서 회로의 n차 고조파 리액턴스가 고조파 전류에 대해 용량성이 되면 고조파 전류의 증폭작용을 한다. 직렬 리액터가 없는 콘덴서는 모든 고조파전류에 대해서 용량성이 된다.

② $(nX_L - \frac{X_C}{n}) > 0$ 일 때: 고조파전류의 확대는 방지된다. 여기서 $(nX_L - \frac{X_C}{n}) > 0$ 의 조건이란, 콘덴서회로의 리액턴스를 유도성으로 하는 것을 의미한다.

③ $nX_o + (nX_L - \frac{X_C}{n}) = 0$ 병렬공진: $(nX_o + nX_L) = \frac{X_C}{n}$이 되는 차수의 고조파에 대해 병렬 공진하며, 콘덴서에 비정상적인 고조파 유입전류 I_c가 커지며, I_c, I_o가 모두 이상하게 확대되어 고조파 전류의 증폭뿐 아니라 계통 전체에 대해 고조파전류의 왜곡이 생긴다.

(2) 전류 실효치의 증대

고조파가 유입하면 아래 식에 의한 실효전류가 흐른다.

$$I = I_1 \sqrt{1 + \sum(\frac{I_n}{I_1})^2}[A]$$

※ 이 식에서 각각은 다음을 나타낸다.

I : 고조파 전류
I_1 : 기본파 전류
n : 고조파 차수
I_n : n차 고조파 전류

112-119 발송배전기술사 예상문제.indd 114 2021-08-03 오후 7:35:32

과도한 고조파 함유전류가 흐르면 부싱 리드 및 내부 배선 리드 등의 접속 부분에 과열이 발생하는 원인이 될 수 있다.

⑶ 콘덴서 단자 전압의 상승

고조파 유입시 콘덴서 단자전압은 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$V = V_1(1 + \sum \frac{1}{n} \cdot \frac{I_n}{I_1})$$

※ 이 식에서 각각은 다음을 나타낸다.

V : 고조파 유입시의 단자전압
V_1 : 기본파만의 단자전압
n : 고조파 차수
I_n : n차 고조파 전류

이에 따라 콘덴서 내부소자나 직렬 리액터 내부의 층간 절연 및 대지 절연을 파괴할 수 있다.

⑷ 콘덴서 실효 용량의 증가

고조파 유입시의 실효 용량 Q는 아래 식과 같다.

$$Q = Q_1\left[1 + \sum \frac{1}{n} \cdot (\frac{I_n}{I_1})^2\right]$$

※ 이 식에서 각각은 다음을 나타낸다.

Q : 고조파 유입시의 실효량
Q_1 : 기본파 용량
I_1 : 기본파 전류
n : 고조파 차수
I_n : n차 고조파 전류

용량 증대에 따라 유전체 손실(tanΘ loss)이 증가하고, 소자 내부의 온도 상승이 커지며, 콘덴서의 열화를 가져온다.

⑸ 고조파 전류로 인한 손실 증가고조파 전류 유입시의 직렬 리액터 손실은 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$W = W_1\left[1 + \sum n^{\alpha} \cdot (\frac{I_n}{I_1})^2\right]$$

112-119 발송배전기술사 예상문제.indd 115 2021-08-03 오후 7:35:33

※ 이 식에서 각각은 다음을 나타낸다.

W : 고조파 유입시의 손실
W_1: 기본파만의 손실
n : 고조파 차수
I_1 : n차 고조파 전류
α : 설계에 따라 다른 정수 $1 < \alpha < 2$

손실의 증대에 따라 직렬 리액터의 기름 및 권선 온도가 이상하게 높아지고 경우에 따라서는 소손되는 일도 있다. 또한 유입 고조파 전류가 커지면 직렬 리액터나 콘덴서에서 큰 이상음이 진동을 발생할 수 있다.

3. 콘덴서의 고조파 대책

(1) 콘덴서 내량 증가

콘덴서의 고조파전류의 허용 값은 고조파전류와 콘덴서의 충전전류를 합성한 전류의 실효치는 정격전류의 135% 이하라고 규정하고 있다.

(2) 직렬리액터 설치

직렬리액터가 있는 콘덴서에 대해서는 제5고조파 전류가 기본파전류에 대해 35% 이하, 합성전류는 정격전류의 120% 이하로 규정되어 리액터의 규정이 더욱 엄격하다. 따라서 고조파전류의 허용값은 실질적으로 직렬리액터에 의해 결정된다.

문제 02

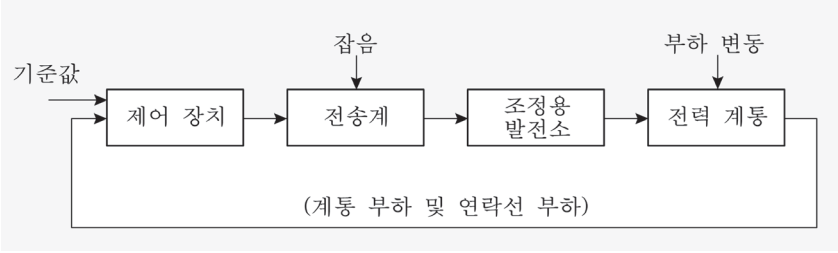
전력계통에서 주파수 변동은 전력의 변동과 밀접한 관계있다. 발전기 출력·부하 전력의 주파수 특성과 주파수추종운전(Governor free) 에 대해 설명하시오.

| 해설 |

1. 개요

전력 계통에서는 순간적으로 부하가 변동하고, 그 변동에 따라서 계통 주파수가 변화하며, 또 계통이 연계되어 있을 경우에는 그 연락 송전선의 전력 조류도 변화한다. 이 결과 계통 주파수, 연계된 송전선 전력은 일정 값으로 유지될 수 없게 되며, 전력 품질유지를 위해서는 주파수를 일정하게 해야 한다.

112-119 발송배전기술사 예상문제.indd 116 2021-08-03 오후 7:35:33



[그림 2] 자동 주파수 제어계

2. 주파수특성

(1) 발전기 출력 주파수특성(수하특성)

① 부하(출력)의 증가에 따른 회전수의 대폭적인 저하를 방지하기 위하여 회전수의 저하를 검출하면 원동기(터빈)의 입력 밸브를 열어서 물 또는 증기(입력)를 증가시키는 장치인 조속기를 원동기에 설치하고 있다. 이 조속기의 작용으로 발전기 출력은 증가한 입력에 해당하는 양만큼 증가한다. 반대로 회전수가 증가할 경우에는 조속기가 역방향으로 작용해서 발전기의 출력을 감소시킨다.

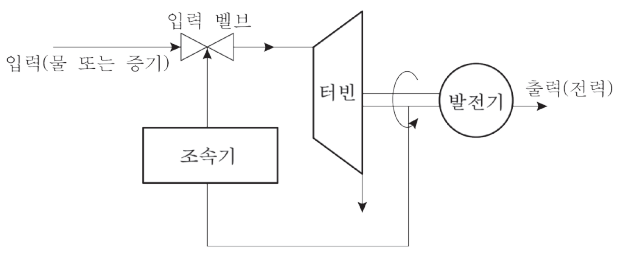
② **[그림4]**와 같이, 주파수가 변화하면 조속기가 동작해서 발전전력을 변화시키게 되는 특성으로, 주파수와 발전기 출력의 관계는 아래 식과 같다. 이때 부호가 −인 것은 주파수가 저하하면 발전기출력이 증가한다는 것이다.

$$\frac{\Delta P_G}{\Delta F} = -K_G$$

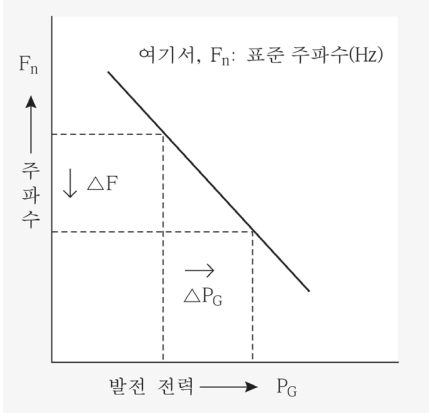
※ 이 식에서 각각은 다음을 나타낸다.

ΔF : 주파수 저하 량

ΔP_G : 발전기 출력 증가분



[그림 3] 발전기 회전 제어 개념도



[그림 4] 발전기의 주파수 특성

112-119 발송배전기술사 예상문제.indd 117 2021-08-03 오후 7:35:34

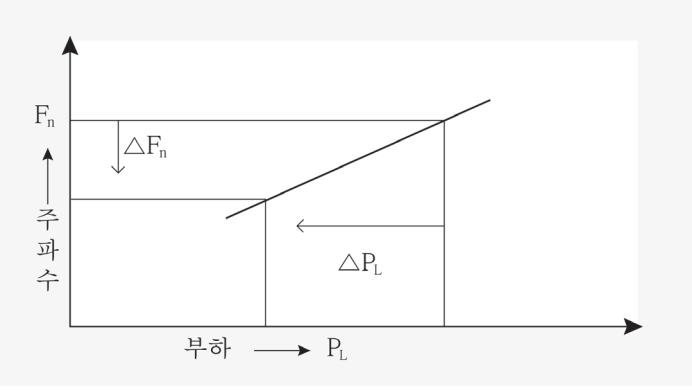
⑵ 부하의 주파수특성(비례특성)

① 주파수가 변화하면 같은 부하상태라도 부하의 소비전력이 달라짐.

② 즉, 전등, 전열기 등의 저항부하는 주파수변화에 관계없지만, 회전기기는 그 소비전력이 회전 속도의 3제곱에 비례하는 것과 제곱에 비례하는 것이 섞여 있어 주파수에 따라 소비전력이 변화함.

③ 일반적인 성질은 주파수 변동 시 그 변화를 방해하는 자기 제어성을 가지고 있음

④ 이때, 주파수와 부하의 관계는 [그림 5]와 같이 $\frac{\Delta P_L}{\Delta F} = K_L$이다. 여기서, ΔF는 '주파수 저하', ΔP_G는 '소비전력의 저하'를 각각 나타낸다.



[그림 5] 부하의 주파수 특성

⑤ 전력계통의 주파수특성: 발전전력 주파수특성+부하의 주파수특성

3. 주파수 추종운전(Governor free)

⑴ 속도조정률 δ로 정해진 값에 따라 출력을 내게끔 발전기를 운전하는 것을 조속기프리(Governor free)운전이라고 한다.

⑵ 전원 측에서 계통주파수가 변화하면 즉시 발전기의 원동기의 조속기(Governor)가 동작해서 발전기 입력을 주파수의 변동에 응해서 조정하도록 하고 있다.

⑶ 발전기가 조속기 free 운전을 하고 있을 경우, 발전기 출력과 주파수 사이에는 다음 관계가 성립한다.

$$\delta = \frac{F_0 - F_N}{F_N} \times 100[\%]$$

※ 이 식에서 각각은 다음을 나타낸다.

F_0 : 발전기 무 부하 출력에 대응하는 주파수

F_N : 발전기 정격 출력에 대응하는 주파수

δ : 속도 조정률로서, 조속기의 특성을 나타낸 것

112-119 발송배전기술사 예상문제.indd 118 2021-08-03 오후 7:35:34

(4) 속도 조정률의 특성

① 속도 조정률이 작다는 것 ⇨ 동일한 부하변화에 대해 주파수 변화가 작다는 것으로 조속기의 동작이 민감함을 의미함.

② 수력발전기 : 3 ~ 4%

화력발전기 : 4 ~ 6%

원자력: 8%

③ 발전기 출력과 주파수와의 관계는 직선이 아니므로 출력의 미소 변화에 대한 주파수의 변화를 고려한 경사조정률을 사용함.

$$\delta_d = \lim_{\Delta P \to 0} \frac{\Delta F}{\Delta P} = \frac{P_N}{F_N} \times 100 = \frac{dF}{dP} \cdot \frac{P_N}{F_N} \times 100[\%]$$

④ 계통 내에 경사 조정률 이 작은 발전소가 다수 병렬되고 있으면, 부하의 변화에 대응해서 부하의 변화를 분담하는 발전소가 많아지게 되므로 계통의 주파수 변화는 작아진다.

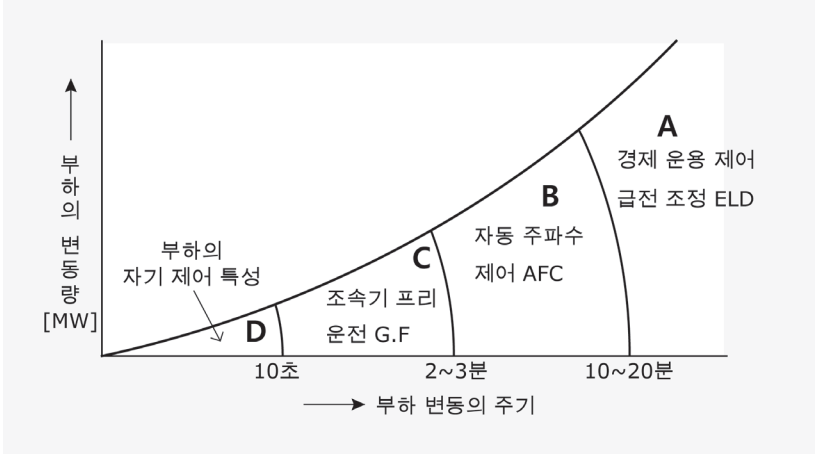
⑤ 속도조정률은 병렬운전시의 부하 분담을 결정하는 것으로서, 속도 조정률 δ가 큰 조속기와 δ가 작은 조속기로는 같은 주파수 변화에 대한 부하분담이 달라진다.

⑥ 속도조정률을 크게 잡으면 부하분담은 적고, 작게 잡으면 부하 분담이 커진다.

(5) 실 계통에서의 적용

유효전력-주파수제어에서도 가장 원시적인 제어방법으로 현재 실 계통 에서 첨두부하를 담당하는 발전소에서 가장 많이 사용하며 우리나라 발전기의 약 60~70%는 이 운전방식이 가능하다.

(6) 조속기 특성에 따라서 부하변동에 따른 주파수변동이 발생되기도 하여, HC Type 에서, EHC, DEHC Type 으로 개선되었다.



[그림 6] 부하변동의 분담개요도

112-119 발송배전기술사 예상문제.indd 119 2021-08-03 오후 7:35:35