

# 제53회 발송배전기술사 문제 해설 ③

◆ 자료제공 : 서울공과대학원

[☎ 02)676 · 1113~4]

글/기술사 용인송담대 교수 유상봉  
기술사 두원공대 교수 김세동

본 시험정보는 '98. 2. 15 시행한 국가기술사  
격검정 기술사분야에 출제된 1교시~4교시의  
시험문제로서 전월에 이어 2, 3교시를 발췌하  
여, 게재합니다. <출판과>

## 2 교 시

**[문제 4]** 배선선로 전압조정용 커패시터뱅크의 제  
어에 전압, 전류, kVar, 시간, 온도 등의 입  
력신호를 단독 입력 또는 상호보완적으로  
사용하는데 이들 입력신호를 단독으로 사  
용할 때의 장단점에 대하여 논하시오.

### 1. 개요

배전선로의 전압조정용 커패시터뱅크를 효율적  
으로 운용하기 위해서는 부하와 역률의 변동에 맞  
도록 필요한 만큼의 콘덴서용량을 적시에 개폐 제  
어할 필요가 있다.

만약 수조작제어를 하려 한다면 운전원이 항상  
계기를 감시해야하므로 비현실적이다.

따라서 부하의 변동에 즉응하는 제어를 해야 하

는데 그러기 위해서는 어렵고 복잡한 문제가 따른다.

콘덴서를 자동제어 하기 위한 방식은 여러가지  
를 생각할 수 있지만 그것을 제어 할 수 있는 요  
소는 다음과 같이 i) 무효전력 ii) 역률 iii) 전  
류 iv) 전압 v) 시간(Program Control) vi) 온도  
등의 입력신호를 단독 입력 또는 상호보완적으로  
사용하는데 이들 입력신호를 단독으로 사용할 경  
우의 특징 및 장단점을 설명하면 다음과 같다.

### 2. 커패시터뱅크의 제어법

#### (1) 무효전력

이 방식은 콘덴서를 포함한 부하의 무효전력을  
검출하여 그 값이 투입설정치보다 떨어지면 콘덴  
서를 투입하고 반대로 개방설정치를 넘게 되면 콘  
덴서를 개방하는 것으로써 무효전력이 항상투입.  
개방설정치내의 적정범위를 유지하도록 한 것이다.

본 방식은 콘덴서 개폐에 의한 전기량(무효전  
력)의 변동이 부하의 영향을 받지 않고 콘덴서의  
용량에만 의존하는 것이 특징이다.

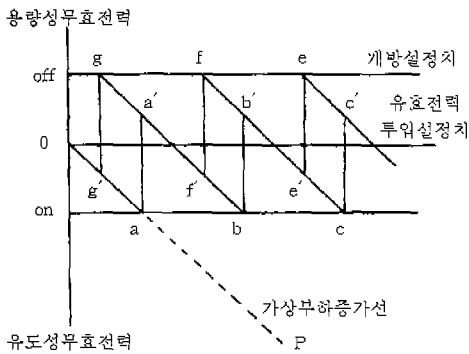
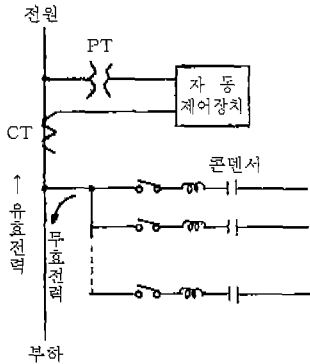
따라서 이 방식은 투입 및 개방설정폭을 최소한  
으로 할 수 있어 세밀한 제어가 가능하다(그림 1).

#### (2) 역률

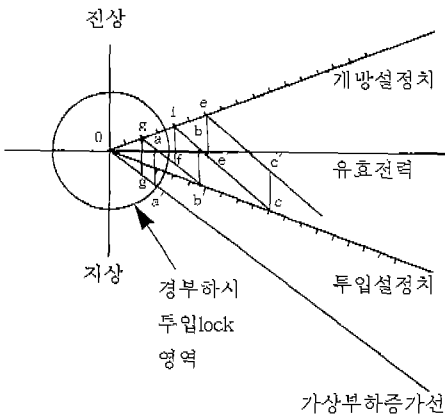
이 방식은 무효전력방식과 같이 콘덴서를 포함  
한 부하의 역률을 검출하여 역률이 지상 투입설정

치 이하가 되면 콘덴서를 투입하고 진상측 개방설  
정치에 달하면 콘덴서를 개방시킴으로써 역률을  
향시 요소가 된 범위내에 있도록 한 것이다.

경부하에서는 최소단위의 콘덴서뱅크수의 투·  
개폐에 의한 역률변화량이 설정치보다 커지게 되



<그림 1> 무효전력제어방식



<그림 2> 역률제어방식

어 개폐가 빈번히 일어나는 현상이 발생하게 된  
다. 따라서 경부하 Lock기능을 구비하여 투입을  
금지 할 수 있는 유효 설정폭을 확보하여야 한다.

회로구성은 무효전력방식과 같다.

그림 2는 경부하 투입 Lock와 전류점출을 이용  
한 전력제어방식의 동작을 나타낸다.

### (3) 전류

이 방식은 부하전류의 크기와 무효전력의 관계  
가 일정한 부하에 사용된다. 따라서 수전점에서  
종합역률을 개선할 수 있는 용도에는 바람직하지  
않고 개별의 기기에 대한 역률개선을 목적으로 사  
용되는 경우가 많다. 이 방식은 콘덴서전류를 포  
함하지 않은 전류를 제어요소로 사용한다. 이것은  
페루프제어로서 콘덴서 투입에 의하여 전류가 변  
화하지 않은 쪽이 바람직하기 때문이다(그림 3).

### (4) 전압

이 방식은 역률조정보다도 전압조정을 목적으  
로 하는 경우에 사용된다. 일반적으로 같은 부하용량  
이라면 유도성이 클수록 전압강하가 크다. 역률이  
1에 가까울수록 전압강하가 작고 콘덴서를 포함한  
전부하가 용량성이라면 콘덴서 설치점의 전압은  
역으로 상승하게 된다. 이것은 전원 임피던스가  
유도성이라는 점에 기인한다.

이 방식은 이러한 특성을 이용한 것으로 그림 4  
는 전압제어방식에 의한 동작특성을 나타낸 것이  
다. 그림 4는 투입전압을 기준전압의 90%, 개방압  
력을 100%로 설정했을 때의 그림이다. 그림 4는  
콘덴서가 없을 경우 80% 이하까지 강하될 수 있  
는 것이 콘덴서를 적절히 투입하므로써 90~100%  
사이를 유지할 수 있음을 보여준다.

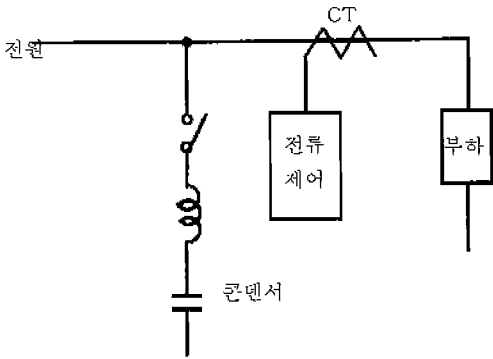
전압강하는 전원용량에 대하여 부하용량의 비가  
클 때 현저하게 나타난다.

이 방식은 변전소의 전압 조정용으로 많이 사  
용되고 그외는 별로 사용되지 않는다.

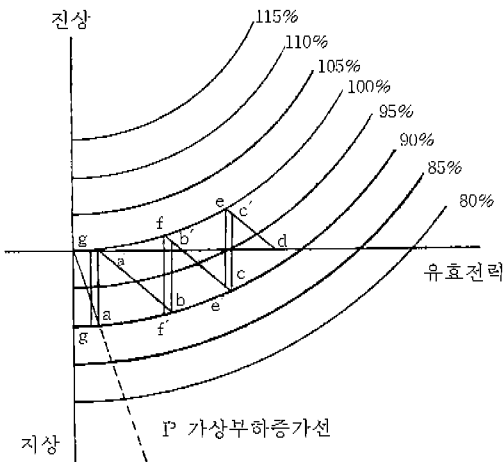
### (5) Program Control

이 방식은 일부하곡선이 거의 일정 할 때 사  
용 가능하다. 제어부는 Time Switch가 된다.

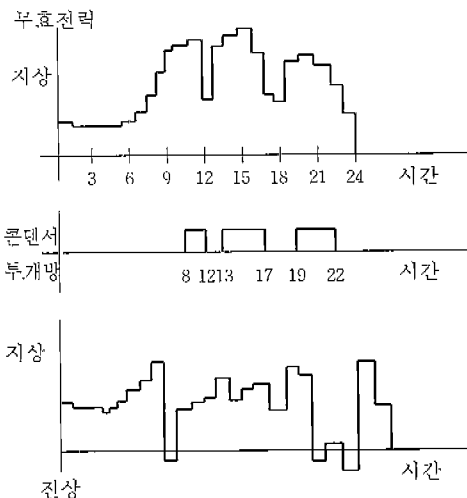
Time Switch는 1주간 단위로 Program 가능한 것  
이 있고 부하곡선이 일정하다면 충분한 효과를 기



<그림 3> 전류제어방식



<그림 4> 전압제어방식



<그림 5> program 제어방식

대할 수 있다.

그림 5는 이 방식에 의한 개선 예를 표시한 것이다. 이 방식의 특징은 전기량을 측정하지 않아도 되기 때문에(CT,PT가 불필요) 회로가 간단해진다는 것과 콘덴서 개폐를 소정의 횟수로 할 수 있다는 것이다.

그러나 부하 Pattern이 변하게 되면 그에 맞춰 Program을 변경해야 하는 단점이 있다.

### 3. 커패시터뱅크의 자동제어방식의 비교 : 표 1

## 3 교 시

**【문제 1】** 지중선로 시공시 케이블시스(sheath)의 유기전압 저감대책으로 접지방법에 대하여 기술하십시오.

#### 1. Cable Sheath의 유기전압과 Sheath손

단심케이블에 교류를 흘리면, 도체의 통전전류의 전자유도작용으로 금속sheath의 길이방향으로 전압이 유기된다. 이 전압은 케이블의 길이와 통전전류에 비례해서 증대한다.

이 sheath 유기전압을  $V_s$ 라 하면,

$$V_s = j X_m I \text{ [V/km]} \dots\dots\dots \text{①}$$

$I$  는 도체전류 [A],  $X_m$ 은 도체회로와 연피회로 사이의 상호리액턴스 [ $\Omega$ /km]로서 케이블의 배열에 따라서 그 값이 다른데, 중심간 거리가  $S$ [cm]인 1회선 정삼각형 배열의 경우에는 금속sheath의 평균반경을  $r$ [cm]이라 할 때 다음과 같이 된다.

$$X_m \approx 4\pi f \log_e \frac{S}{r} \times 10^{-4} \text{ [}\Omega/\text{km]}$$

식 ①은 케이블의 연피를 대지에서 절연했을 때 연피 양단에 유기되는 전압인데, 보통 연피는 접지하므로 연피중에 순환전류가 흘러서 sheath손이 생긴다.

$$\text{연피전류 } I_s = \frac{X_m}{\sqrt{X_m^2 + R_s^2}} I \text{ [A]} \dots\dots\dots \text{②}$$

$$\text{연피손 } W_s = \frac{R_s X_m^2}{X_m^2 + R_s^2} I^2 \text{ [W/km]} \dots\dots\dots \text{③}$$

여기서,  $R_s$  = sheath의 저항 [ $\Omega$ /km] 이다.

<표 1> 커패시터뱅크의 자동제어방식의 비교(문제 1)

제어방식	특징	설정상 주의점
무효전력제어	부하변동 Pattern을 선정하지 않고 적용 다수의 콘텐츠제어에 적합하다.	투입설정치 - 개방설정치 (콘텐츠서 1Bank 당 무효전력)
역률제어	경부하대체가 필요하다. 무효전력과 같은 방식으로 사용가능하다.	경부하 lock치는 투입설정치 - 개방설정치 (콘텐츠서 1Bank 당 역률변화)
전류제어	부하전류의 크기와 무효전력의 관계가 일정한 곳에서 사용할 수 있다.	부하와 Match시켜 투입설정 할 것
전압제어	역률개선보다는 전압조정을 목적으로 하는 것으로서 일반적이 못된다. 전력회사에서 많이 사용한다.	투입설정치 - 개방설정치 (콘텐츠서 1Bank 당의 전압 상승치)
Program제어	점층기가 필요없기 때문에 값이 싸지만 미리 Program하기 때문에 콘텐츠서의 개폐회수가 경제적이다.	일부하폭전을 잘 검토한 다음 설정할 것 부하 Pattern 변경에 적응할 수 있도록 할 것

이 밖에 연피손에는 케이블축에 직각으로 생기는 sheath과전류손이 있으나 작으므로 무시할 수 있다. sheath손은 주회로의 전력손실 및 impedance의 증가로 될 뿐만아니라, 손실열때문에 케이블의 송전용량을 감소시키므로 큰 전력을 송전할 때에는 sheath절연·크로스본드 또는 sheath 접지변압기 sheath bond transformer 등으로서 sheath손을 저감케 한다.

## 2. Sheath의 접지방법

케이블의 sheath는 일반적으로 고장시의 sheath 유기전압을 경감하고 고장전류를 대지에 방류하기 위해서 케이블의 종단 또는 중간접속부에서 접지한다. 단심케이블의 경우에는 선로가 짧은면 1개소에서 접지하면 되지만, 긴 경우에는 비접지단에서 sheath 대지전압이 커져서 보안상 문제로 된다.

대표적인 접지방법과 그 특징은 표 1과 같은데, 일반적으로 사용되는 것은 직렬impedance bond 방식과 Cross bond 방식이 있다.

【문제 2】 분산형전원의 개념을 설명하고 배전계통에 연계할 경우 기술상 검토해야 할 사항에 대해 기술하시오.

### 1. 개요

분산형전원(Dispersed Storage and Generation System)이란 원자력이나 대용량 화력 등과 같은 집중적이고 대용량이 아닌 소용량의 전력저장시스템이나 발전시스템을 일컫는 말로서, 이러한 분산형전원은 그 단어 뜻대로 대규모 전력계통에 비하여 분산되어 있기 때문에 관리가 어렵고 전력계통에 연계될 경우 여러가지 문제를 야기시키게 된다.

이러한 문제중 가장 큰 것은 계통의 전압변동의 요인이 되는 것이고 보호협조문제 또한 무시할 수 없을 것이다. 더욱이 보안상 단독운전이 될 경우를 방지하여야 하고 고조파문제, 계통단락용량 증대문제 등도 염려가 되는 문제이다.

## 2. 기술적 검토사항

### (1) 전압변동

분산형전원을 계통에 연계할 때는 이로 인한 전압변동, 주파수변동 등의 전력품질이나 사고파급에 의한 공급신뢰도 저하를 최대한 억제하여야 한다.

전압은 전원의 무효전력의 변동으로 변화하고, 주파수는 유효전력의 변동으로 변화한다. 그러나 본질적으로 분산형전원의 전력용량은 연계계통의 모선용량에 비하여 무시할 정도로 작기 때문에 주파수 변동에까지 영향을 미치지 않는다. 그렇지만 배전선로의 종단 또는 말단에 접속되게 되는 분산형전원은 그 용량이 적을지라도 배전전압에는 영향을 끼치게 된다. 원래 배전선로는 상단에서 전

<표 1> 케이블접지의 여러가지 방식(문제 2)

접 지 방 식	특 징
완전접지방식(solid bond 방식)	긴 케이블로서 접지하면 sheath손을 발생한다.
보조선에 의한 bond 방식	bond선이 끊어지면 sheath가 떠서 위험하다. 동일관로에 3심케이블이 없으면 고가로 된다.
연속 Cross bond 방식	각 span의 케이블장이 다르면 연피전압이 연가로 상쇄되지 않고 남아서 전장에 전류가 흘러 sheath전압이 올라간다.
Cross bond 방식	sheath 전압·전류는 완전접지방식에 비해서 근소하다. 절연전속부수는 연속 Cross bond 방식의 2/3면 된다.
직렬 impedance bond 방식 (접지면압기방식)	sheath전위는 유기전압의 1/2이다. 포화철심을 사용하면 고장시의 과전압에 대한 impedance가 알게 된다. 공사비가 많이 들고 이상 전압전류의 가능성도 있다. 저항접지식도 있다.

압을 인가하고 말단으로 갈수록 전압이 저하하는 특성을 감안하여 주상변압기의 탭조정, SVC설치 등을 배전선로의 중간 또는 말단에 하고 있는 실정이다. 만일 이러한 선로에 분산형전원이 투입되면 투입지점 인근의 전압이 상승하여 규정전압을 지키지 못하게 되고, 전력품질은 저하하게 되는 것이다.

분산형전원의 계통연계시에는 분산형전원의 잉여전력특성에 따라 배전선로를 재설계하여야 한다. 전력품질 저하를 최소화하기 위하여 잉여전력의 부하곡선을 어느 정도 규제할 필요가 있고, 한 피더에 유입되는 분산형전원의 배치나 총량도 규제할 필요가 있으나 너무 심한 규제는 분산형전원 보급의 장애요인이 될 수 있으므로 신중을 기할 필요가 있다.

### (2) 보호협조

분산형전원의 계통연계시에는 계통의 사고로 인한 분산형전원의 보호와 분산형전원의 사고로 인한 계통에의 사고파급방지를 위한 보호를 생각하여야 한다. 분산형전원의 종류가 다양하므로 일정한 보호협조시스템을 제시할 수는 없지만 몇 가지로 분류하여 검토할 수는 있다. 어느 경우이나 계통측에서 사고가 발생한 경우 분산형전원시스템은 계통측의 보호시스템과 동등한 정도로 고장을 검출하고 보호협조를 취하여 계전기 및 차단기를 동작시켜야 한다. 이때 주의할 점은 연료전지, 태양광, 새로운 풍력발전시스템 등에서 인버터시스템을 채용할 경우는 인버터시스템의 특성을 고려하

여 보호장치가 구성되어야 한다는 점이다.

### (3) 단독운전

계통측의 사고나 단전으로 계통측의 모선에 전압이 인가되지 않더라도 고립된 계통의 부하와 그에 연계된 분산형전원의 수급균형이 이루어지면 연계분산형전원의 단독운전이 성립하게 된다. 단독운전이 계속되면 계통측의 전원이 복구하였을 때 전원과 분산형전원의 위상차로 인하여 단락사고나 탈조사고가 일어나서 계통의 운전이 악영향을 끼치게 될 염려가 있다.

또, 계통이 공사를 위한 계획정전에 의하여 단전되어 있을 경우 보수원은 분산형전원의 선로 역충전에 의하여 안전사고를 당할 염려도 있다. 이러한 점들을 감안할 때 단독운전의 방지를 매우 중요한 보안상의 문제점이라고 할 수 있다. 가장 정확한 단독운전 방지대책은 배전사령실의 전송신호에 의한 방식이나, 이는 많은 비용이 수반된다. 그러므로 앞으로 연구개발을 통하여 분산형전원측에서 정확하게 계통의 상실을 검지하는 시스템의 실증이 필요하다.

### (4) 고조파 문제

분산형전원의 발전시스템이 유도기나 동기기와 같이 회전형발전기를 사용하는 소형열병합발전이나 풍력발전시스템의 경우 발생하는 고조파는 3고조파외에는 거의 적은 양이다. 그러나 태양광발전, 연료전지발전, 전지전력저장, 초전도전력저장 등과 같은 시스템은 인버터를 채용하고 있기 때문에 3

고조파이외의 5고조파, 7고조파, 9고조파 등의 고조파를 많이 발생시킨다. 이는 인버터 등의 전력 변환장치가 직류를 교류로 변환시키는 과정에서 수많은 스위칭을 행하여 이에 의한 고조파가 발생하기 때문이다. 이는 인버터의 스위칭 주파수를 높여서 파형을 세분하거나 복수대의 인버터에 위상차를 두어 운전하거나 필터를 설치함으로써 어느 정도 해결할 수 있다.

세계적인 추세는 적어도 상용주파전원의 왜형율은 5% 이내에서 2% 이내까지 제한을 두고 있다.

### 3. 결론

우리나라의 경우 분산형전원은 대용량 열병합 발전을 포함해 열병합단지, 지역난방공사 등을 중심으로 발전해 왔고 이들의 연계기술 또한 외국의 예와 마찬가지로 한국전력의 발전소 보호기준에 준하여 발전하여 왔다. 그러므로 이들 대용량 열병합발전은 분산형전원이긴 하지만 계통연계기술에 관하여 별도로 논의할 것이 없다. 다만, 20 MW 이하의 소형열병합발전, 태양광발전, 풍력발전, 연료전지발전, 소수력발전 등의 비교적 중소규모의 분산형전원의 원활한 보급을 위한 계통연계 가이드라인이 필요하다고 하겠다. 산업자원부 산하 에너지자원기술개발지원센터에서는 이들 분산형전원에 관한 기술개발 및 보급에 전력을 다하고 있으며, 또한 분산형전원의 계통연계 가이드라인에 관한 기술개발도 적극적으로 추진할 예정이다.

**[문제 3] 전력전자소자의 사용에 의한 전기설비의 고조파장애 및 대책기술을 논하시오.**

#### 1. 개요

전력전자기술(Power Electronics Technology)의 발전에 따라 최근의 전기설비에서는 FA 및 OA용 전원, 정보통신용 전원으로 무정전 전원장치가 필수적으로 시설되고 있다. 또한, 생에너지를 위한 전동기 가변속 구동장치가 많이 채택되고 있다. 이러한 무정전 전원공급장치나 전동기의 가변속 구동장치는 전력변환기인 인버터를 사용하게 되

며, 인버터는 직류를 교류로 변환하는 장치로 그 전단에는 일반적으로 교류를 직류로 변환하는 컨버터(정류장치)가 접속되어 있다. 그런데 이러한 컨버터는 고조파전류의 발생원인으로써 고조파전류는 전원으로부터 부하단까지의 임피던스에 의하여 전압강하를 일으키고, 전압파형을 찌그러지게 하여 각종 계전기의 오동작, 정밀 전자기기의 동작불량, 기기손상 및 과열의 원인이 될 수 있다.

따라서 전력 품질보증의 문제로서 양질의 전원 즉 주파수, 전압 등이 안정되어야 전기설비의 기능을 만족할 수 있으며, 또한 EMC의 문제로서 전파장애방지 측면에서도 만족하여야 한다.

#### 2. 고조파장애

고조파 전류의 증대는 다음과 같이 여러가지 기기에 나쁜 영향을 미친다.

- ① 콘덴서, 직렬리액터의 과열·과전압 발생
- ② 발전기나 회전기, 변압기의 손실 증대로 인한 과열
- ③ 이상 공진에 의한 고조파 과전압의 기기에의 영향
- ④ 보호계전기의 오동작이나 기기류의 오차 (특히 정지형 보호계전기)
- ⑤ 지시계기, 적산계기의 오차
- ⑥ 사이리스터장치에의 제어 불안정
- ⑦ 통신회로에의 잡음 및 유도장애

참고로 고조파가 각종 전기기기에 미치는 장애를 나타내면 표 1과 같다.

#### 3. 고조파 대책

고조파 전류가 상한치를 초과하는 경우에는 고조파 유출전류를 저감하여 상한치 이내로 억제하기 위한 대책이 필요하다. 이러한 억제대책에는 기기로부터 발생하는 고조파전류 등을 저감시키는 방법과 기기로부터 발생하는 고조파 전류를 분류시켜 유출전류를 저감시키는 방법으로 크게 2종류로 대별할 수 있다. 일반적으로 고조파 대책은 다음과 같은 여러 방법을 고려할 수 있다.

<표 1> 고조파가 전기기기에 미치는 장애

기 기 명	장 해 의 내 용
콘덴서 및 직렬리액터	· 고조파전류에 대한 회로의 임피던스가 감소하여 과대전류가 유입함에 따른 과열, 소손 또는 진동, 소음의 발생
케 이 블	· 3상4선식 회로의 중성선에 고조파 전류가 흐름에 따라 중성선의 과열
변 압 기	· 고조파 전류에 의한 철심의 자화현상에 의한 소음의 발생 · 고조파 전류·전압에 의한 철손·동손의 증가와 함께 용량의 감소
형 광 등	· 고조파 전류에 대한 임피던스가 감소하여 과대전류가 역률개선용콘덴서나 초크코일 흐름에 따른 과열·소손
통 신 선	· 전자유도에 의한 잡음전압의 발생
유 도 전 동 기	· 고조파 전류에 의한 정상 진동토크발생에 의하여 회전수의 주기적 변동 · 철손·동손 등의 손실증가
음 향 기 기 (텔레비전 등의 각종 제어장치)	· 고조파 전류·전압에 의한 다이오드, 트랜지스터, 콘덴서 등의 고장, 수명의 저하, 성능의 열화 · 잡음, 영상의 어긋거림
정류기 등의 각종 제어장치	· 제어신호의 위상의 착오에 의한 오제어
부하집중 제어장치	· 제어신호 혼란에 의한 수신기의 오동작·오부동작
계 전 기	· 고조파 전류 혹은 전압에 의한 설정레벨의 초과 혹은 위상변화에 의한 오동작·오부동작
전 력 용 퓨 즈	· 과대한 고조파 전류에 의한 용단
노푸즈 브레이커	· 과대한 고조파 전류에 의한 오동작

(1) 리액터 설치

고조파 발생 부하장치의 1차측에 ACL을 부착하여 전류 리액턴스를 크게하여 고조파 발생률을 저감하거나, 또는 DCL을 고조파 발생 부하장치의 직류회로에 삽입하여 직류파형의 리플을 작게 하여 고조파 발생률을 저감할 수 있다.

(2) 역률개선콘덴서에 의한 억제대책

콘덴서는 역률개선의 목적으로 수변전설비에 설치되어 있는데 역률개선콘덴서는 발생 고조파전류를 분류시켜 유출전류를 억제한다. 역률개선콘덴서는 리액터와 콘덴서가 직렬로 접속되어 있기 때문에 수동필터의 특성을 가지고 있다.

(3) 변환기의 다펄스화

펄스 수는 정류기 등의 변환장치에 있어서 「원전압의 1사이클 중에 독립하여 생기는 전류의 수」로 정의하고 있으며, 실제로는 직류전압에 포함되어 있는 맥동펄스의 수와 같다. 예를들면 3상브리지접속의 펄스 수는 6이 되고, 이 펄스의 수가

커지면 교류전류에 포함되어 있는 고조파 차수가 높게 되고, 동시에 고조파 전류의 크기도 감소된다. 즉,

$$I_n = K_n \cdot \frac{I_l}{n}$$

에서 출력상수가 높으면  $I_n$ 이 작아

진다. 단,  $K_n$ : 고조파 저감계수

$n$ : 발생고조파의 차수( $n = mP \pm 1, m = 1, 2, 3 \dots$ , 출력상수 P가 증가할수록 최저차 고조파의 차수가 높아짐)

(4) 수동필터에 대한 억제대책

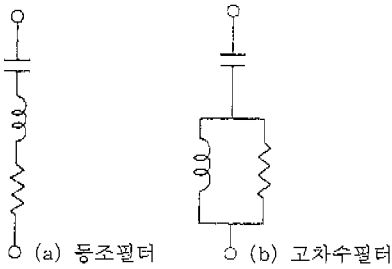
수동필터는 교류필터, L-C필터, Passive 필터라고 부르며 여기에는 그림 1과 같이 동조필터와 고차수필터가 있다.

L-C필터의 기본적인 회로는 L과 C의 공진현상을 이용한 것으로 n차고조파에서

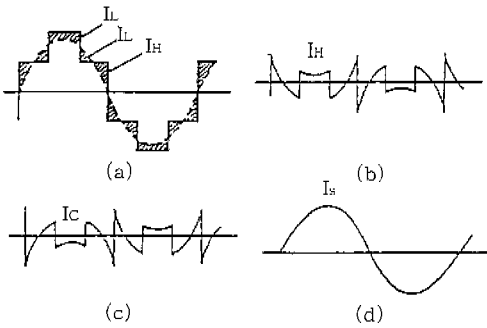
$$n X_L - \frac{X_C}{n} = 0$$

으로 함으로써 n차 고조파전

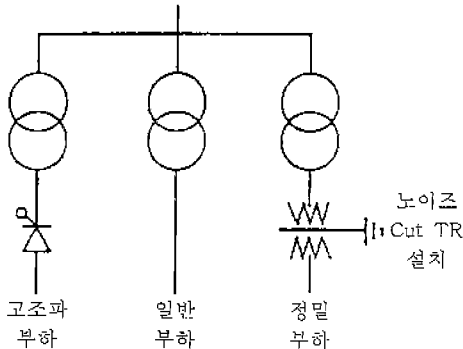
류는 대부분 여기에 흡수되고, 유출전류를 저감시킬 수 있다.



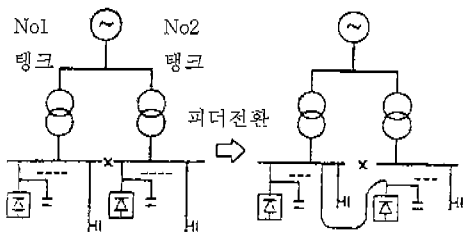
<그림 1> 고조파필터



<그림 2> 동작파형



<그림 3> 고조파 부하 분리



<그림 4> 계통의 변경

(5) Active Filter (능동필터)에 의한 억제대책

Active Filter는 수동필터와 같이 공진특성을 사용하지 않고, 인버터 응용기술에 의하여 역위상의 고조파를 발생시켜 고조파를 소거하기 위한 이상적인 필터이다. 그림 2는 Active Filter의 동작파형을 나타낸 것이다. 그림과 같이 Active Filter는 고조파 발생부하와 병렬로 접속한 것으로, 부하전류  $I_L$ 를 CT에서 검출하고, 부하전류에 포함된 고조파 전류 성분  $I_H$ 를 전류제어의 기준 신호로써 인버터에 흐르는 전류를 제어하는 것으로,  $I_H$ 와 역위상의 전류  $I_C$ 를 Active Filter로 흐르게 함으로써 전원전류에 포함된 고조파 전류 성분을 상쇄하기 때문에 전원전류  $I_S$ 는 정현파가 되는 것이다.

(6) 계통분리

- ① 고조파 부하 분리(그림 3)
- ② 계통의 변경(그림 4)

(7) 단락용량의 증대

- ① 고조파 부하를 단락용량이 큰 계통에 연결 (그림 5)(전원측 임피던스 작게)
- ② 전원 단락용량의 증대(그림 6)

부하의 고조파 발생량  $I_n$ 은 고조파전압  $V_n$ 과 같이 비례( $V_n = n \cdot X_L \cdot I_n$ )하고 전원의 단락용량을 크게 하면 역비례하여 작아진다.

$$\cdot \text{공진차수} = \sqrt{\frac{X_C}{X_L}} = \sqrt{\frac{\text{전원단락용량}(S_n)}{\text{콘덴서용량}(Q_C)}}$$

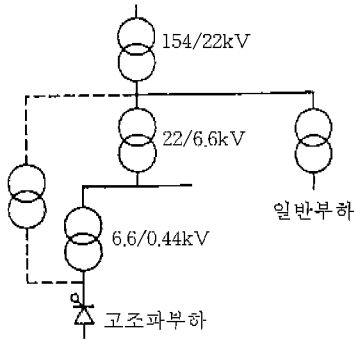
- 전원 단락용량 증대 → 공진차수 상승
- 콘덴서용량 증대 → 공진차수 저하

【문제 4】 배전계통에서 전압강하계산에 사용되는 아래의 기본식을 유도하고 페이지도를 사용하여 그 의미를 설명하시오.  
 $V_d(\text{전압강하}) = I(R \cos \theta + X \sin \theta)$

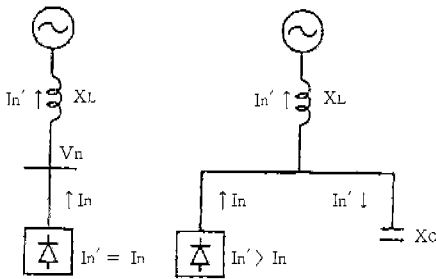
배전계통의 전압강하 계산을 위해서는 선로정수로서 저항과 인덕턴스만을 생각하여 단상 등가회로를 그리면 그림 7과 같다.

$E_s$ 와  $E_r$ 는 각각 송전단과 수신단의 중성점에 대한 대지전압이다. 지금  $E_s$ 와 전류  $I$ 와의 상차각을



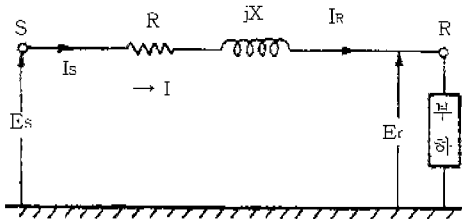


<그림 5> 고조파 부하를 단락용량이 큰 계통에 연결

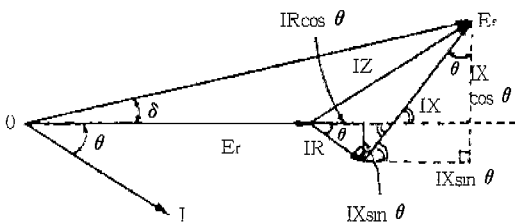


(a) 공진이 안된 경우 (b) 공진이 된 경우

<그림 6> 전원 단락용량의 증대



<그림 7> 등가회로



<그림 8> 페이서도 (Er를 기준벡터로 취한 경우)

$\theta$ 라 하고  $E_r$ 를 기준벡터로 잡아주면 그림 8의 페이서도로부터 송전단전압은 다음 식으로 구해진다.

$$E_s = E_r + IR\cos\theta + IX\sin\theta + j(IX\cos\theta - IR\sin\theta)$$

$$E_s = \sqrt{(E_r + IR\cos\theta + IX\sin\theta)^2 + (IX\cos\theta - IR\sin\theta)^2}$$

$\sqrt{\quad}$  내의 제2항은 제1항에 비해 훨씬 작기 때문에 이 항을 무시하면

$$E_s \approx E_r + I(R\cos\theta + X\sin\theta) \text{로 된다.}$$

따라서, 선로의 전압강하는

$$V_d = E_s - E_r = I(R\cos\theta + X\sin\theta) \text{가 된다.}$$

**[문제 5]** 발전기 여자시스템은 AC 및 정지형이 많이 사용되고 있다. 이 두 방법의 장단점을 서로 비교 설명하시오.

발전기여자시스템은 발전기의 계자회로에 여자회로를 공급하는 직류발전장치이다.

여자기에는 직류여자기와 교류여자가 있으며, 직류여자는 브러시, 정류자의 보수문제가 있고, 터빈용량을 대용량화함에 따라 여자용량과 여자전압이 증가하여 그 조정이 번잡해질 뿐만 아니라 치수나 중량이 커져서 제작이 곤란하게 되는 문제점이 있다.

따라서, 교류여자는 정류자의 문제가 없을 뿐만 아니라 설계상의 용도도 직류기보다 많고, 정류기에 이그니트론(ignitron)을 사용하면 정상전압도 높게 할 수 있으므로 전력계통의 안정도를 높이는 데 매우 적합하며, 현재 대용량 터빈발전기의 여자기로는 대부분 교류여자가 채용되고 있다.

(1) 정지형 여자기

주발전기와 같은 회전자계형의 동기발전기를 따로 설치하는 경우와 주발전기 단자에 여자변압기를 설치하여 교류전원을 얻는 두가지 종류가 있다. 모두 교류출력을 실리콘정류기로 정류하여 직류여자전류를 슬립링(slip ring)을 통해서 주발전기 계자에 공급한다. 정지정류기방식의 교류여자는 원리적으로 주발전기와 같지만, 여자는 대전류, 저전압기가 되므로 4극기나 6극기가 채용된다. 이 방식은 운동속도가 빠르고, 과부하내량이 크며, 전압조정도 매우 쉬운 장점을 가지고 있다.

종래의 직류발전기를 사용한 여자기와 비교하여 직류기에 사용되는 정류자는 없앨 수 있으나, 슬

립링은 없앨 수 없다. 부수의 빈도가 적어지므로 예비 여자기 절환용 계자차단기도 불필요하며, 여자회로의 개폐는 교류여자기의 계자차단기로서 행하여진다.

(2) 교류여자기

회전전기자형의 교류여자기를 사용하여 여자기의 계자를 고정자측에서 가하며, 교류 여자기출력을 외부에 끌어내는 일 없이, 회전자에 장치한 실리콘정류기에서 직접 주발전기 계자에 공급하는 방식이다.

이 방식은 브러시를 전혀 필요로 하지 않고, 보수가 간략해지지만, 슬립링이 없기 때문에 계자회로의 감시를 할 수 없다. 주발전기의 계자조정은 교류여자기의 전압조정에 의하여 행하여진다.

회전정류기방식의 교류여자기는 회전전기자형이 되므로 회전자는 구조적으로 권선형 유도전동기와 유사하나, 발전기 직결의 고속기이기 때문에 강대한 원심력에 견딜 필요가 있어 특수한 설계가 요구된다.

**[문제 6]** 다중접지 3 $\phi$ 4w식 배전선로에서 중성선과 한 상(phase - to - neutral)사이에서 연결되는 단상 변압기는 Fuse를 통하여 설치되고 있다. 이 때 다음에 답하시오.  
 (1) 이 Fuse를 설치하는 목적  
 (2) 이 Fuse와 다른 설비들과의 보호협조 및 이 Fuse가 작동하면 안 되는 경우  
 (3) 이 Fuse의 크기를 결정하는 방법

1. 이 Fuse (COS)를 설치하는 목적

- (1) 배전선로에 설치되는 주상변압기는 1 $\phi$ , 3 $\phi$  공급이 가능하도록 구성되며, 1 $\phi$ 의 경우 주상변압기 1대로 공급되며, 3 $\phi$ 의 경우는 P.Tr 3대를 결선하여 공급
- (2) 1 $\phi$  공급의 경우 주상변압기는 1대만 필요하며 주상변압기와 22.9kV 전력선 사이에 주상변압기 보호용 Fuse(Cut Out Switch)가 1개 설치된다.
- (3) 주상변압기용량은 저압선에 연결된 부하

의 용량에 의하여 결정되며 통상 변압기용량의 130% 부하까지 공급이 가능하다.

변압기용량의 130% 이상 부하가 걸리면 변압기를 큰 용량으로 교체하여야 한다.

- (4) 부하의 갑작스런 증가는 변압기의 과부하로 변압기소손의 원인이 된다.
- (5) 통상 변압기용량의 200% 이상 과부하시 변압기는 소손하게 된다.
- (6) COS는 변압기가 과부하 및 변압기 고장에 의한 변압기소손을 방지하기 위하여 설치한다.

2. 이 Fuse와 다른 설비들과의 보호협조 및 이 Fuse가 작동하면 안되는 경우

(1) COS Fuse와 다른 설비들과의 보호협조

- ① 저압배전계통 보호장치 설치순서  
 22.9kV 배전선 - COS - 주상변압기 - Catch Holder - 저압선 - 인입선 - 전선 Fuse - 인입용앵글 - 전력량계 - 누전차단기 - 부하
- ② 저압배전계통 보호장치
  - i) Catch holder
    - 변압기(주상)와 저압선 사이에 부설하는 보호장치임
    - 중성선에는 취부금지
    - 15kVA 이하 소형 P.Tr과 저압선 사이에 설치하는 것으로서 전등인입용과 동력인입용을 구분 적용하며 저압선 전선의 굵기에 따라 차등적용
    - 용량 : 30A(2.0mm용), 50A(2.6mm용), 75A(3.2mm용) ⇒ 전등용
    - 100A(22°), 150A(38°), 200A(60°), 300A(100°), 500A(150°)
  - ii) 전선 Fuse
    - 저압선과 수용가 사이의 인입선 수용가측에 설치하는 보호장치임
    - 우천시나 인입선 노후에 의한 저압선로 사고 방지용으로 사용
    - 통상 인입선은 2.6mm, 3.2mm DV전선을 사용하며 인입용 Fuse도 두 종류임
    - 2.6mm용 : 정격전류 38A(정격전류의 130%에서 연속불용단)
    - 3.2mm용 : 정격전류 50A(정격전류의

130%에서 연속불용단)

iii) 누전차단기

· 옥내의 누전이나 과부하 등 과전류차단

③ 보호협조방법

i) 옥내사고 : 누전차단기로 차단

ii) 인입선사고 : 전선 Fuse로 차단

iii) 저압선사고 : Catch holder로 차단

iv) 주상변압기사고 : COS Fuse로 차단

(2) COS FUSE가 작동하면 안 되는 경우

① COS는 변압기 보호용 Fuse임

② 변압기 이상외의 타 사유에 의하여 동작 금지

3. 이 COS FUSE의 크기를 결정하는 방법

(1) 특고압(22.9kV)용 COS의 정격 : 25kV, 100A

(2) 정격차단전류 : 6000A, 10000A의 2종류

(3) COS Fuse는 통상 아래와 같이 적용하여 사용한다.

① 특고압용 주상변압기의 용량이 10kVA :  
COS Fuse 링크 1A적용

② 특고압용 주상변압기의 용량이 15kVA :  
COS Fuse 링크 2A적용

③ 특고압용 주상변압기의 용량이 30kVA :  
COS Fuse 링크 3A적용

④ 특고압용 주상변압기의 용량이 50kVA :  
COS Fuse 링크 6A적용

⑤ 특고압용 주상변압기의 용량이 75kVA :  
COS Fuse 링크 8A 적용

⑥ 특고압용 주상변압기의 용량이 100kVA :  
COS Fuse 링크 12A 적용

(주) 22.9kV-Y용 주상변압기의 최대용량은 100kVA임

# 전기 기술사 소방강좌

■ 교육부 지정교육기관 ■ 노동부 지정교육기관 ■ 서울시 지정교육기관

**“전기에 관한 한 최고의 명문임을 자부합니다”**

1964년 국내 최초로 설립한 이래 - 34년간 150,000여명의 전기기술자를 배출한 최고의 명문!!

- ▶ 전기공사기사, 2급 반
- ▶ 전기기사, 2급 반
- ▶ 전기공사기능사, 2급 반
- ▶ 소방설비기사(전기&기계) 반
- ▶ 강의시간 · 오전반 10:00~12:30
- 야간반 7:00~9:30
- ▶ 개강 · 정규반 : 매월 10일
- 필기/실기특강 : 공단원서접수 첫날
- ▶ 각 과정 교대근무자 수강가능
- ▶ 학원 자가반당으로 최고의 시설완비
- ▶ 기초부터 심세히 책임지도
- ▶ 최고의 권위를 자랑하는 전임강사진

## 발송배전 건축전기 기술사

**개강** 수요일 7월22일    ▶ 강의시간 · 수요일 19:00-22:00  
일요일 7월26일    · 일요일 10:00-15:00  
· 각 반별 정원제 · 학원제작 특수교재

- 강사진 : 분야별, 과목별로 세분화된 최고의 권위강사진
- 유상봉 : 국내최대 5종목기술사발송배전건축전기.전기안전.전기응용.소방설비/現, Y대교수
- 김세동 : 기술사/한전,한국건설기술연구소 수석연구원 역임/現, D대교수
- 임철교 : 기술사/경영지도사/동일출판사 저자 외 3인

## 실업자 무료교육

- 모집대상 : 전기공사기사, 전기기사, 전기기능사 1,2급을 취득하고자 하는 실업자 또는 실직자
- 모집인원 : 180명(전액 국비지원)    ■ 교육기간 : 6개월
- 접수마감 : ● 고용보험 미적용자 : 8월 17일    ● 고용보험 적용자 : 8월 27일
- 제출서류 : 주민등록등본, 통장사본(수당 입금용), 사진, 구직표 각2부
- 특    전 : ● 수강료, 교재비 일체 무료    ● 전원 취업 알선  
● 교통비 지급전원    ● 가족수당, 생계보조비 지급(해당자에 한함)

■ 서신강좌 : 지방거주자 및 직접수강이 어려운 분 대상 · 실시종목: 전기기사, 전기공사기사, 소방설비기사1, 2급 (필기/실기)

# 서울공과학원 676-1113~5

서울 영등포구 당산동(지하철 2,5호선 영등포구청역 하차, 5번출구에서 80m)