

**국가기술자격 취득과 실무를 위한 합격비법서 !!**

**개정판 KEC 2021 적용**

# **전기기사 산업기사 실기**

**핵심이론과 유형별 문제**

**김대호** 저

도서출판 스카이미디어북스 / 전기스쿨



---

# 머리말

---

## 1. 새로운 가치의 창조

많은 사람들은 꿈을 꾸고 그 꿈을 위해 노력합니다. 꿈을 이루기 위해서는 여러 가지 노력을 합니다. 결국 꿈의 목적은 경제적으로 윤택한 삶을 살기 위한 것이 됩니다. 그것을 위해 주식, 재테크, 펀드, 복권 등 여러 가지 가치창조를 위한 노력을 합니다. 이와 같은 노력의 성공 확률은 극히 낮습니다.

현실적으로 자신의 가치를 높일 수 있는 가장 확률이 높은 방법은 자격증입니다. 특히 전기분야의 자격증은 여러분을 기술자로서 새로운 가치를 부여하게 될 것입니다. 전기는 국가산업 전반에 걸쳐 없어서는 안 되는 중요한 분야입니다.

전기기사, 전기공사기사, 전기산업기사, 전기공사산업기사 자격증을 취득한다는 것은 여러분을 한 단계 업그레이드 하는 새로운 가치를 창조하는 행위입니다. 더불어 전기분야 기술사를 취득할 경우 여러분은 전문직으로서 최고의 기술자가 될수 있습니다.

스스로의 가치(Value)를 만들어가는 것은 작은 실천부터 시작됩니다. 지금 준비하는 자격증이 바로 여러분의 Name Value를 만들어가는 과정이며 결과입니다.

## 2. 인생의 패러다임

고등학교, 대학교 등을 통해 여러분은 많은 학습을 하였습니다. 그리고 새로운 학습에 도전하고 있습니다. 현대 사회는 학습하지 않으면 도태되는 평생교육의 사회입니다. 새로운 지식과 급변하는 지식에 맞춰 평생학습을 해야 합니다. 이것은 평생 직업을 갖질 수 있는 기회가 됩니다.

노력한 만큼 그 결실은 큼니다. 링컨은 자기가 노력한 만큼 행복해진다고 했습니다. 저자는 여러분에게 권합니다. 꿈과 목표를 설정하세요.

“ 꿈꾸는 자만이 꿈을 이룰 수 있습니다. 꿈이 없으면 절대 꿈을 이룰 수 없습니다.”

### 3. 학습을 위한 조언

이번에 발행하게 된 “전기기사 산업기사 실기”는 전기분야 자격증의 실기의 기본서로서 실기 시험문제의 정답의 근거를 제시하며, 기술적인 자료를 제공합니다.

각 단원의 내용을 이해하고 문제를 풀어갈 경우 고득점은 물론 현장 실무에서도 적용할 수 있는 기술적인 지식을 쌓을 수 있습니다.

또한, 새롭게 출제되는 문제도 이 도서의 범위에 있으므로 이 도서는 실기시험의 “바ible”이 될 것입니다.

여러분은 합격을 위해 매일 매일 실천하는 학습을 하시길 권합니다. 일주일에 주말을 통해 학습하는 것보다 매일 학습하는 것이 효과가 좋고 합격률이 높다는 것을 저자는 수많은 교육과 사례를 통해 알고 있습니다. 따라서 독자 여러분에게 매일 일정한 시간을 정하고 학습하는 것을 권합니다.

시간이 부족하다는 것은 핑계입니다. 하루 8시간 잠을 잔다면, 평생의 1/3을 잠을 잔다는 것입니다. 잠자는 시간 1시간만 줄여보세요. 여러분은 충분히 공부할 수 있는 시간이 있습니다. 텔레비전 보는 시간 1시간만 줄여보세요. 여러분은 공부할 시간이 더 많아집니다. 시간은 여러분이 만들 수 있습니다. 학습자의 마음 먹기에 따라 충분한 시간이 생깁니다. 노력하고 실천하는 독자여러분이 되시길 바랍니다.

끝으로 이 도서를 작성하는데 있어 수많은 국내외 전문서적 및 전문기술회지 등을 참고하고 인용하면서 일일이 그 내용을 밝히지 못하였으나, 이 자리를 빌어 이들 저자 각위에게 깊은 감사를 드립니다.

전기분야 자격증을 준비하는 모든 분들에게 합격의 영광이 있기를 기원합니다.

이 도서를 출간하는데 있어 먼저는 하나님께 영광을 돌리며, 수고하여 주신 출판사 임직원 여러분께 심심한 사의를 표합니다.

저자 씀



## 저자소개



김 대 호

한양대학교 대학원 졸업

건축전기설비기술사

국가전문자격 평생교육사

국가기술자격 전기분야 기사, 산업기사, 기능사

답이보인다시리즈, 기사필기시리즈, 완벽대비시리즈, 소방시리즈 (D출판사)

알짜배기 전기기술 질의해설집 (D출판사)

D-30 시리즈 (E출판사)

2020 전기기사실기 (한솔)

2020 전기필기시리즈 (한솔)

전기설비설계 (도서출판 스카이북)

신편 전기기기 (도서출판 포인트)

전기스쿨 필기시리즈, 전기스쿨 실기시리즈(도서출판 스카이미디어북스)

다음카페 Sysop (<http://cafe.daum.net/pekor>)

네이버카페 Sysop (<http://cafe.naver.com/pekor>)

네이버 전기밴드 운영

스카이미디어 평생교육원 전기스쿨 온라인강의

한국폴리텍대학 외래교수

---

## 목 차

---

1. 수변전설비 .....	15
1.1 수변전설비의 계획 .....	15
1.2 수변전설의 위치 .....	18
1.3 변전실 및 발전기실의 설계 .....	19
1.5 수변전설비의 구성 .....	24
1.6 수변전설비의 구성기기 .....	25
1.7 수변전기기의 심벌, 약호 및 역할 .....	114
1.8 수변전설비의 예 .....	115
핵심과년도 해설 .....	127
2. 송전선로 .....	197
2.1 이도 .....	197
2.2 복도체 .....	198
2.3 코로나 .....	200
2.4 전압강하 .....	201
2.5 스틸의 식 .....	203
2.6 유도장해 .....	203
2.7 중성점 잔류전압의 계산 .....	204
2.8 충전전류와 충전용량 .....	205
2.9 혼촉사고시 충전전류 .....	205
핵심과년도 해설 .....	206
3. 고장해석 .....	211
3.1 음법 .....	211

3.2 %임피던스법 .....	211
3.3 Per Unit법(단위법) .....	213
3.4 단락비 .....	213
3.5 단락전류 억제대책 .....	214
3.6 대칭좌표법 .....	216
3.7 비접지 △선로의 지락전류 .....	217
3.8 지락고장시 지락전류의 흐름 .....	218
핵심과년도 해설 .....	219
<b>4. 배전선로 .....</b>	<b>238</b>
4.1 가지식과 루프식 .....	238
4.2 지중전선로의 장·단점 .....	238
4.3 배전선 전압조정 방법 .....	239
4.4 3상 4선식 다중접지 배전방식의 장점 및 단점 .....	240
4.5 전압강하 .....	240
4.6 주상변압기 결선 .....	244
4.7 개폐서지와 재점호 .....	245
4.8 절연협조 .....	248
4.9 배전선 사고의 종류와 보호조치 .....	249
4.10 부하율과 손실계수 .....	249
핵심과년도 해설 .....	251
<b>5. 간선설계 .....</b>	<b>259</b>
5.1 간선 .....	259
5.2 부하의 상정 .....	259
5.3 설비불평형률 .....	262
5.4 차단기 및 단로기 조작 순서(인터록) .....	264
5.5 최대수요전력 제어 .....	265



5.6 모선방식 .....	265
5.7 부하율과 수용률 .....	271
5.8 플리커대책 .....	274
5.9 고조파 .....	275
5.10 케이블 .....	277
5.11 에너지 절약에 대한 전기설비의 검토항목 .....	279
핵심과년도 해설 .....	282
<b>6. 전로의 절연 .....</b>	<b>309</b>
6.1 접촉전압 .....	309
6.2 감전보호 .....	310
핵심과년도 해설 .....	316
<b>7. 보호장치와 보호계전기 .....</b>	<b>320</b>
7.1 누전차단기 .....	320
7.2 보호계전기 .....	323
핵심과년도 해설 .....	348
<b>8. 예비전원설비 .....</b>	<b>360</b>
8.1 예비전원설비 시설 .....	360
8.2 축전지설비 .....	361
8.3 발전기설비 .....	367
8.4 UPS .....	374
핵심과년도 해설 .....	379
<b>9. 동력설비 .....</b>	<b>398</b>
9.1 동력설비의 종류 .....	398
9.2 설계순서 .....	398

9.3 3상 유도전동기 .....	399
9.4 농형 유도전동기 .....	401
9.5 권선형 유도전동기 .....	402
9.6 보호방식 .....	403
9.7 3상 유도전동기의 기동법 .....	404
9.8 3상 유도전동기의 속도제어 .....	411
9.9 단상 유도전동기 .....	413
9.9 동기전동기(synchronous motor) .....	415
9.10 인버터 / VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) .....	416
9.11 전동기용량의 결정 .....	421
9.12 동력설비의 에너지 절약 .....	424
9.13 전동기 자기여자 현상 .....	425
9.14 전동기의 진동과 소음 .....	426
핵심과년도 해설 .....	428
<b>10. 조명설비 .....</b>	<b>437</b>
10.1 빛 .....	437
10.2 조명설계의 기초 .....	438
10.3 광원 .....	445
10.4 조명기구의 종류 .....	461
10.5 조명의 설계(設計) .....	468
10.5.3 도로조명 .....	478
10.6 에너지절약 조명설계 .....	479
10.7 조명 점등비 계산 .....	481
10.8 조명설비의 플리커 방지대책 .....	481
10.9 주파수에 대한 영향 .....	481
핵심과년도 해설 .....	482

<b>11. 접지설비</b>	<b>497</b>
11.1 접지의 목적	497
11.2 계통접지와 기기접지	498
11.3 독립접지와 공용접지	499
11.4 접지저항 저감방법	501
11.5 전극별 접지저항 계산식	502
11.6 IEC 60364 전기설비 접지방식의 종류	504
11.7 보호도체의 단면적	506
핵심과년도 해설	508
 <b>12. 계측과 시험</b>	 <b>512</b>
12.1 오차와 보정	512
12.2 계측기	512
12.3 분류기와 배율기	530
12.4 전력량계	531
12.5 3전압계법과 3전류계법	534
12.6 전력계를 이용한 전력측정	536
12.7 전력량계 결선	538
12.8 오실로스코프	539
12.9 절연내력시험	539
12.10 단락시험과 무부하시험	540
12.11 과전류 계전기 동작 시험	541
12.12 검사업무처리지침	542
핵심과년도 해설	544
 <b>13. 시퀀스/PLC</b>	 <b>561</b>
13.1 용어	561
13.2 제어와 스위치	562

13.3 전자계전기 .....	566
13.5 무접점 시퀀스 .....	569
13.6 릴레이 기본회로 .....	578
13.7 로직회로 .....	582
13.8 전동기 운전회로 .....	586
13.9 논리연산 .....	588
13.10 sequence 예 .....	589
핵심과년도 해설 .....	608
<b>14. 피뢰시스템 .....</b>	<b>645</b>
14.1 피뢰시스템(LPS, Lightning Protection System) .....	645
14.2 구성 .....	645
14.3 수뢰부시스템 .....	646
14.4 인하도선시스템 .....	651
14.5 접지극시스템 .....	652
핵심과년도 해설 .....	654
<b>15. 전력시설물 감리업무수행지침 .....</b>	<b>656</b>
제1장 일반사항 .....	656
제2장 공사착공 단계 감리업무 .....	663
제3장 공사시행 단계 감리업무 .....	669
제4장 설계변경 및 계약금액의 조정 관련 감리업무 .....	695
제5장 기성 및 준공검사 관련 감리업무 .....	700
제6장 시설물의 인수인계 관련 감리업무 .....	705
핵심과년도 해설 .....	708
<b>부록 .....</b>	<b>714</b>
핵심 한국전기설비규정 .....	714

100 공통사항 총칙 .....	714
120 전선 .....	716
122 전선의 종류 .....	717
132 전로의 절연저항 및 절연내력 .....	721
135 변압기 전로의 절연내력 .....	723
142 접지시스템의 시설 .....	725
143 감전보호용 등전위본딩 .....	737
150 피뢰시스템 .....	738
151 피뢰시스템의 적용범위 및 구성 .....	738
152 외부피뢰시스템 .....	739
153 내부피뢰시스템 .....	742
200 저압전기설비 통칙 .....	744
201 적용범위 .....	744
203 계통접지의 방식 .....	744
211 감전에 대한 보호 .....	750
212 과전류에 대한 보호 .....	756
213 과도과전압에 대한 보호 .....	775
 2020년 기사 과년도 문제해설 .....	 797



# 1. 수변전설비

## 1.1 수변전설비의 계획

### 1.1.1 수변전설비의 구비조건

수전설비는 수용가의 업종, 규모, 형태, 입지조건, 건설비 등에 따라 여러 가지 형태가 있다. 따라서 수전설비의 계획에 있어서 일반적으로 다음과 같은 조건을 구비 하여야 한다.

- ① 설비의 신뢰성이 높아야 한다.
- ② 설비는 안전한 설비이어야 한다.
- ③ 운전보수 및 점검이 용이 하여야 한다.
- ④ 기기의 증설 및 확장에 용이하여야 한다.
- ⑤ 방재대책 및 환경보전에 유의한다.
- ⑥ 건설비 및 운전유지 경비가 저렴하도록 한다.

### 1.1.2 수변전설비의 계획순서

수변전설비를 계획할 경우 현장여건이나 설계자의 의도 등에 따라 달라질 수 있으나 일반적으로 다음과 같은 순서로 수변전설비를 계획한다.

#### ① 부하의 계산

조명부하

동력부하

난방부하 및 공조부하

반송설비

기타 부하 종류별로 계산한다.

#### ② 설비용량의 상정

부하계산한 값을 군으로 구분하고 수용률·부하율 등을 고려하여 계산한다.

## 16 전기기사 전기산업기사 실기

### ③ 계약전력의 추정

전기공급약관<sup>1)</sup>에 의거 계약전력을 추정한다.

계약최대전력 환산표

구분	승률	비고
처음 75 [kW]에 대하여	100 [%]	계산의 합계치 단수가 1 [kW] 미만일 경우에는 소수점 이하 첫째 자리에 4사 5입 합니다.
다음 75 [kW]에 대하여	85 [%]	
다음 75 [kW]에 대하여	75 [%]	
다음 75 [kW]에 대하여	65 [%]	
300 [kW] 초과분에 대하여	60 [%]	

부하설비 용량이 900 [kW]인 경우 전력 계약전력은

$$75 + 75 \times 0.85 + 75 \times 0.75 + 75 \times 0.65 + (900 - 75 - 75 - 75 - 75) \times 0.6 = 603.75 \text{ [kW]}$$

이므로 604 [kW]가 된다.

#### [한국전력 전기공급약관 및 시행세칙 일부발췌]

변압기설비에 의한 계약전력은 한전에서 전기를 공급받는 1차변압기 표시용량의 합계 (1 [kVA]를 1 [kW]로 봅니다)로 하는 것을 원칙한다. 다만, 154 [kV]이상으로 수전하는 고객은 최대수요전력을 기준으로 고객과 협의하여 결정할 수 있다.

3상공급을 위하여 단상변압기를 결합하여 사용할 경우에는 다음에 따라 계산한 것을 변압기 설비의 용량으로 하고, 이를 기준으로 약관 제20조(계약전력 산정) 제2항에 따라 계약전력을 결정한다.

가. △ 또는 Y결선의 경우

결선된 단상변압기 용량의 합계

나. 동일용량의 변압기를 V결선한 경우

결선된 단상변압기 용량합계의 86.6%

다. 서로 다른 용량의 변압기를 V결선한 경우

$$[\text{큰 용량의 변압기(A), 작은 용량의 변압기(B)}] = (A - B) + (B \times 2 \times 0.866)$$

1) 전기공급약관 : 한국전력공사 홈페이지에서 다운받아 볼 수 있다



④ 수전전압, 수전방식, 부하전압의 검토

수변전설비의 형태 및 주차단장치의 종류등을 전력회사와 협의하여 결정하고, 단락용량, 전기공급 예정시기, 공사비, 전기요금등을 검토한다.

⑤ 단선 결선도 초안작성

단선결선도의 초안을 작성하여 검토할 수 있도록 한다.

⑥ 주회로조건의 검토

초안으로 작성된 단선결선도를 기초로 하여 고장전류 계산, 보호방식, 보호협조, 역률개선, 변압기 뱅크(bank)<sup>2)</sup> 구성 및 전압조정, 비상전원 및 비상시의 절체방법 등을 결정한다.

⑦ 주요기기의 선정

계산된 자료를 기초로 하여 변압기, 차단기, 변류기 등의 주요기기의 정격을 결정한다.

⑧ 감시제어방식의 검토

설치기기의 수량과 보수체제, 설비의 중요도, 제어의 정도, 경제성, 감시제어반의 형상, 장착, 감시제어기기의 수량·시방·제어전원 등을 검토한다.

⑨ 단선결선도 작성

최종 단선결선도를 작성한다.

⑩ 기기배치의 검토

기기반입·반출경로, 점검할 수 있는 공간, 증설공간, 방재상의 공간, 조영재 등과의 이격거리 등을 검토한다.

⑪ 설계도면 작성

설계도면을 작성하며, 시방서를 작성한다.

### 1.1.3 수변전설비의 기본설계시 검토사항

수변전설비는 실시설계이전 단계인 기본설계에 있어서 다음과 같은 사항을 검토해야 한다.

① 설비용량

② 수전전압 및 수전방식

③ 주회로의 결선방식

2) 뱅크 : 변압기, 콘덴서 등의 결선상의 단위

## 18 전기기사 전기산업기사 실기

- ④ 감시 제어방식
- ⑤ 설비의 형식
- ⑥ 수변전실과 발전기실 및 중앙 감시 제어실 등의 위치크기

기본설계에서 검토할 사항중 주회로 결선방식을 결정할 경우 고려사항은 다음과 같다.

- ㉠ 수전방식
- ㉡ 모선방식
- ㉢ 변압기의뱅크수와뱅크 용량 및 단상 3상별
- ㉣ 배전전압 및 방식
- ㉤ 비상용 또는 예비용 발전기를 시설할 경우 수전과 발전과의 절환방식
- ㉥ 사용기기의 결정

### 1.2 수변전실의 위치

수변전실의 위치는 환경적인 부분과 전기적인부분, 건축적인 부분 등을 고려하여 위치를 선정 하여야 한다. 다음 사항은 수변전실의 위치 선정시 고려하여야 할 사항이다.

- ① 부하 중심에 가깝고 배전에 편리한 장소이어야 한다.
- ② 전원의 인입이 편리해야 한다.
- ③ 기기의 반입 및 반출이 편리해야 한다.
- ④ 습기 먼지가 적은 장소이어야 한다.
- ⑤ 기기에 대하여 천장의 높이가 충분해야 한다.
- ⑥ 물이 침입하거나 침수할 우려가 없어야 한다.
- ⑦ 발전기실, 축전기실 등과 관련성을 고려하여 가급적 이들과 인접한 장소이어야 한다.

수변전기기를 배치할 경우는 다음과 같은 사항을 고려하여 배치한다.

- ① 보수점검이 용이할 것
- ② 안정성이 높을 것
- ③ 합리적 배치로 배선이 경제적인 것
- ④ 기기의 반출, 반입에 지장이 없을 것

- ⑤ 증설계획에 지장이 없을 것
- ⑥ 미적·기능적 배치가 되도록 할 것

### 1.3 변전실 및 발전기실의 설계

#### 1.3.1 변전실의 설계시 고려사항

##### ① 환경적 고려사항

- 환기가 잘되어야 하고 고온 다습한 장소는 피해야 하며, 부득이한 경우는 환기설비, 냉방 또는 제습장치를 설치한다.
- 화재, 폭발의 우려가 있는 위험물 제조소나 저장소 부근은 회피한다.
- 염해의 우려가 있거나 부식성 가스 또는 유독성 가스가 체류할 가능성이 있는장소는 회피한다.
- 건축물 외부로 부터의 홍수 유입 또는 내부의 배관 누수사고 시 침수나 물방울이 떨어질 우려가 없는 위치에 설치해야 하고 가능한 한 최하층은 피해야 하며, 특히 변전실 상부 층의 누수로 인한 사고의 우려가 없도록 한다. 다만, 부득이하게 최하층 사용 시 침수에 대한 대책을 하는 경우(예, 기계실 등 보다 60 cm이상 높게 하는 경우 등)에 한정한다.
- 수전실은 침수 방지를 위하여 예상 침수높이 이상의 높이에 설치해야 하며, 장비 반입구 및 외부 환기구도 예상 침수높이 이상의 높이에 설치하여야 한다.
- 고압 또는 특고압의 전기기계기구, 모선 등을 시설하는 수전실 또는 이에 준하는 곳에 시설하는 전기설비는 자중, 적재 하중, 적설 또는 풍압 및 지진 그 밖의 진동과 충격에 대하여 구조이어야 한다.

##### ② 전기적 고려사항

- 외부로 부터의 수전이 편리한 위치로 한다.
- 사용부하의 중심에 가깝고, 간선의 배선이 용이한 곳으로 한다.
- 용량의 증설에 대비한 면적을 확보할 수 있는 장소로 한다.
- 수전 및 배전 거리를 짧게 하여 경제적이 될 수 있는 곳으로 한다.

#### 1.3.2 변전실의 높이

- ① 변전실의 높이는 실내에 설치되는 기기의 최고높이, 바닥 트렌치 및 무근 콘크리트 설치여

## 20 전기기사 전기산업기사 실기

부, 천장 배선방법 및 여유율을 고려한 유효높이로 한다.

- ② 폐쇄형 큐비클식 수변전 설비가 설치된 변전실인 경우로서 특고압 수전 또는 변전 기기가 설치되는 경우 4,500 [mm] 이상, 고압의 경우 3,000 [mm]이상의 유효높이로 한다. 다만, 높이를 불필요하게 높게 하지 않도록 한다.

### 1.3.3 변전실의 계획시 면적의 산정방법

- ① 계획 시 개략 단선도에 의하거나 계산식으로 추정하며, 설계 시 실제 배치와 확장성에 의한 면적으로 확정한다.
- ② 계산에 의한 추정 시에는 다음을 참고한다.

$$A = k \cdot (\text{변압기 용량 [kVA]})^{0.7}$$

여기서, A : 변전실 추정면적 [ $\text{m}^2$ ]

k : 추정 계수 (일반적으로 특고압에서 고압으로 변환하는 경우 1.7, 특고압에서 저압으로 변환하는 경우는 1.4, 고압에서 저압으로 변환하는 경우 0.98을 기준)

다만, 계획 단계 시에 현장에 설치되는 기기의 크기를 예상할 수 있는 경우는 배치에 의하고, 장비 반입 및 유지보수, 증설 공간을 감안한 기법으로 면적을 산정하여야 한다.

### 1.3.4 발전기실의 설계시 고려사항

#### ① 환경적 고려사항

- 발전기와 굴뚝 또는 배기관 사이의 길이는 가능한 한 짧게 하며 길이가 길어지는 경우는 배압(Back Pressure)을 고려하여 단면적을 정한다.
- 급기 및 배기 덕트는 가능한 한 짧게 하고, 배기된 공기가 재 급기되지 않도록 충분히 이격하며, 디젤기관의 라디에이터 냉각방식이나 가스터빈 발전기인 경우 다량의 공기를 필요로 하므로 외기 도입이 용이한 위치에 설치한다.
- 급유 및 통기관의 인출이 용이한 장소로 한다.
- 수냉식 엔진을 사용하는 경우 냉각수의 보급 및 배수가 쉬운 장소로 한다.
- 발전기실에는 발전기에 사용하는 것 이외에 가스, 물, 연료 등의 배관을 설치하지 않아야 한다.
- 화재, 폭발, 염해의 우려가 있거나 부식성, 유독성 가스가 체류하는 장소는 회피한다.

- 발전설비의 배기관, 배기덕트의 소음이 거실이나 다른 건축물에 영향을 주지 않아야 한다.

② 전기적 고려사항

- 수 변전실과 인접하게 하여 전력공급이 원활하도록 한다.
- 발전설비의 유지보수 및 안전관리를 고려해야 한다.

③ 발전기실 높이

- 발전기실 높이는 설치, 유지, 보수가 원활해야 하며, 특히 엔진의 경우는 실린더의 교체에 충분한 높이를 확보한다.
- 일반적인 발전기실의 유효높이는 발전장치 최고 높이의 2배 정도로 한다.

### 1.3.5 변전실의 면적 산출식

변전실의 넓이는 옥외형, 옥내형 또는 개방형, 큐비클형 등의 형식에 따라서 달라 지나 개략적인 추정을 하는 것에는 다음 식들이 이용된다.

1) 변전실의 면적  $m^2 = k(\text{변압기 용량 } kVA)^{0.7}$

$k$ 의 값 : 특고 → 고압이면 1.7

특고 → 저압이면 1.4

고압 → 저압이면 1.0

2) 변전실의 면적  $m^2 = 3.3 \sqrt{\text{변압기 용량 } kVA} \times \alpha$

$\alpha$ 의 값 : 건물면적 6000 m<sup>2</sup> 까지 2.7

건물면적 10,000 m<sup>2</sup> 까지 3.6

건물면적 10,000 m<sup>2</sup> 이상 5.5

3) 변전식의 면적  $m^2 = 2.15 \times (\text{변압기 용량 } kVA)^{0.52}$

상기 식들을 이용해서 계산하면 대부분 너무 큰 값이 나온다. 그러므로 현실적으로 기존 건물들의 전기실 면적 산출 자료를 검토하여 정하는 것이 경제적으로 바람직하다. 일반적으로 대형 건물들의 통계에 의하면 전기실은 전체 건물면적의 평균 약 1.5% 정도가 되는 것으로 조사되고 있다.

### 1.4 수전방식

수전방식은 인입하는 회선수에 따라 1회선, 2회선, 3회선 수전방식으로 분류 할 수 있다. 1회선 수전방식의 경우는 경제성에 우선을 하는 방식이며, 3회선 수전방식은 안전성에 우선을 하는 방식으로서 건물의 용도, 설계자의 의도, 건축주의 여건등을 고려하여 수전방식을 선정한다. 수전방식의 선정시 고려할 사항은 다음과 같다.

- ① 건물의 용도, 부하의 중요도
- ② 예비전원설비(자가발전설비, 무정전전원설비) 유무
- ③ 전원공급의 신뢰성 (정전실적 : 정전회수, 시간)
- ④ 경제성

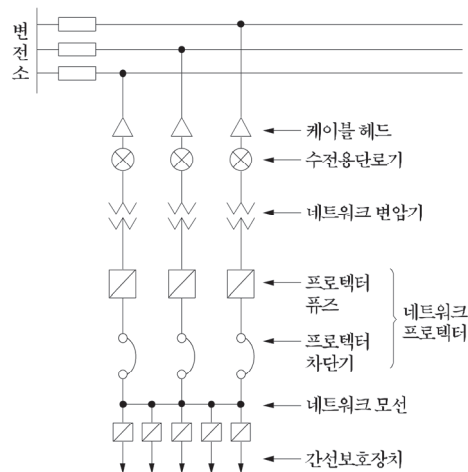
수전방식별 특징

명칭		장점	단점
1회선 수전방식		① 간단하며 경제적이다	① 주로 소규모 용량에 많이 쓰인다 ② 선로 및 수전용 차단기 사고에 대비책이 없다
2회선 수전방식	루프 수전방식	① 임의의 배전선 또는 타 건물 사고에 의하여 루프가 개로 될 뿐이며, 정전은 되지 않는다 ② 전압 변동률이 적다	① 루프회로에 걸리는 용량은 전 부하를 고려하여야 한다 ② 수전방식이 복잡하다 ③ 회로상 사고 복귀의 시간이 걸린다
	평행 2회선방식	① 어느 한쪽의 수전선 사고에도 무정전 수전이 가능하다 ② 단독 수전이 가능하다	① 수전선 보호장치와 2회선 평행 수전 장치가 필요하다 ② 1회선분에 대한 설비비가 증가한다
	예비선 수전방식	① 선로사고에 대비 할 수 있다 ② 단독 수전이 가능하다	① 실질적으로 1회선 수전이라 할 수 있으며, 무정전 절체가 필요할 경우는 절체용 차단기가 필요하다 ② 1회선분에 대한 설비비가 증가한다

명칭	장점	단점
스팟네트워크 크방식	① 무정전 공급 ② 효율 운전이 가능하다 ③ 전압 변동률이 적다 ④ 전력손실이 감소한다 ⑤ 부하증가에 대한 적응성이 크다 ⑥ 기기 이용률이 향상된다 ⑦ 2차 변전소를 감소 시킬 수 있다 ⑧ 전등 전력의 일원화가 가능하다	① 설비 투자비 고가

#### 1.4.1 스팟네트워크 수전방식

전력회사 변전소에서 하나의 전기사용장소에 대하여 2회선 이상의 22.9 [kV-Y] 배전선로로 공급하고, 각각의 배전선로로 시설된 수전용 네트워크변압기의 2차측을 상시 병렬 운전하는 배전 방식이며, ‘SNW 배전’이라 한다.



스팟네트워크 (Spot Network) 수전방식

##### ① 네트워크변압기

1회선 사고시 공급지장을 초래하지 않는 것을 전제로 하여, 85 [%] 부하 연속 운전후 130 [%] 부하에서 8시간으로 한다. 그리고 그 빈도는 년 3회로 하며, 이에 의해 변압기의 수명이

## 24 전기기사 전기산업기사 실기

단축되지 않도록 하여야 한다.

$$\text{네트워크 변압기용량} = \frac{\text{최대수요전력 [kVA]}}{(\text{수전회전수} - 1)} \times \frac{1}{1.3}$$

### ② 네트워크 프로텍터 (Network Protector)

Network Protector는 프로텍터퓨즈, 프로텍터 차단기, 네트워크 릴레이 등으로 구성되며, 역전력 차단특성, 차전압 투입특성, 무전압 투입특성을 가지고 있다.

Network Protector는 전원 측에서 부하 측으로 전력이 공급될 때는 Network Protector가 자동 투입되어야 하며, 전원 측 정전 등의 사유로 부하 측에서 전원 측으로 역전력이 공급될 때는 Network Protector가 자동 개방한다.

### ③ 스폿네트워크 배전의 특징

- 배전선 1회선, 변압기 뱅크 사고시에도 무정전 공급이 가능하다.
- 배전선 보수시 1회선이 정지하여도 구내 정전은 발생되지 않는다.
- 배전선 정지 및 복구시 변압기 2차측 차단기의 개방 및 투입이 자동적으로 이루어진다.
- 설비 중에서 고가인 1차측 차단기가 필요하지 않는다.
- 차단기 대신에 단로기로 대체한다.
- 1회선 정지시에도 나머지 변압기의 과부하 운전으로 최대수요전력 부담한다.
- 표준 3회선으로서 67 [%]까지 선로 이용률을 올릴 수 있다.
- 부하 증가와 같은 수용 변동의 탄력성이 좋다.
- 대도시 고부하밀도 지역에 적합하다.

## 1.5 수변전설비의 구성

### 1) 인입관계기기

구성기기로는 단로기, 피뢰기, 자동고장 구분개폐기(ASS), CNCV Cable 등이 있다. 책임분계점, 재산한계점 등은 전력회사와 협의하여 선정하나, 일반적으로 인입구 단로기를 중심으로 결정한다.

### 2) 고압 및 특고압 수배전반

구성기기로는 차단기, 조작개폐기, 계량장치, 표시장치(계기, 변성기), 보호장치(계전기류),



피뢰기 등으로 구성된다. 차단기는 수변전설비의 심장부에 해당하는 중요한 기기로 단락사고, 지락사고, 과부하 사고등을 신속히 차단하며, 평상시에는 부하전류를 개폐하는 용도로 사용된다.

### 3) 고압 및 특고압 개폐기

전력퓨즈, 유입개폐기, 고압 및 특고압 컷아웃스위치 등이 구성기기에 해당한다. 전력퓨즈는 한류형이며, 컷아웃 스위치는 비한류 형이므로 보호협조에 유의하여 사용하여야 한다.

### 4) 변압기

단상, 3상, 유입, 몰드, 가스절연, 아몰퍼스, 자구미세화 변압기등이 있다. 변전설비주체를 이루는 것으로 고압의 전압을 저압의 전압으로 변성하는 장치이다.

### 5) 콘덴서

콘덴서는 방전코일, 직렬리액터 등으로 구성되고, 역률개선용으로 사용된다.

### 6) 배선용차단기

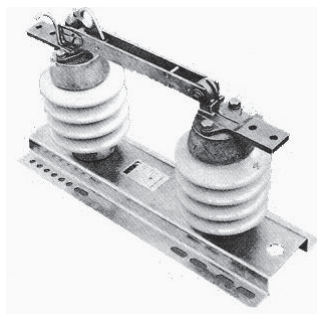
계량장치(계기, 변성기), 저압배선용차단기, 나이프스위치, 누전차단기 등이 구성기기이며, 저압간선회로의 제어감시보호를 한다.

### 7) 부하

전등분전반, 동력조작반, 부하설비(전등, 전동기, 전력장치 등)로 구성된다.

## 1.6 수변전설비의 구성기기

### 1.6.1 단로기 (DS : Disconnecting Switch)

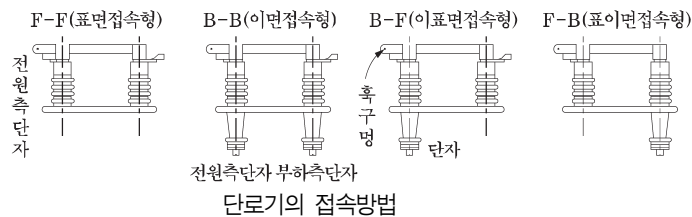


단로기

단로기는 고압이상(정격전압 3.6, 7.2, 24, 168 [kV])전로에서 단독으로 전로의 접속 또는 분리를 목적으로 사용된다. 단로기는 무전압이나 무전류에 가까운 상태에서 안전하게 전로를 개폐하는 장치를 말한다. 기기의 점검을 위해 회로를 일시 전원에서 끊기 위한 개폐기로 사용되며, 부하전류는 개폐할 수 없다.

단로기의 용도는

- ① 부하를 전로로부터 완전히 개방할 경우
  - ② 전로의 접속을 변경하는 경우
- 이다.



올바른 조작법은 투입시는 흑봉으로 블레이드(칼날)의 흑구멍에 삽입하여 블레이드와 접촉자의 중심이 일치하도록 겨냥해서 투입하고 개방시는 흑봉으로 블레이드를 조금 당겨서 일단 정지시킨후 이상이 없으면 정상적인 개로 위치까지 개방한다.(2단 조작)

### 1.6.2 라인스위치(LS : Line Switch)

라인스위치는 책임분계점에서 전로를 구분하기 위한 개폐기로 시설한다. 최근에는 22.9kV-Y 자기용 수전설비에는 잘 사용되지 않으며, 66kV 이상의 경우 단로기 대신 사용한다. 라인스위치(선로개폐기)는 반드시 무부하 상태로 개방하여야 하며, 단로기와 같은 용도로 사용한다. 라인스위치는 조작봉에 의하여 조작하여야 하며 반드시 시건장치를 하여 안전사고를 예방해야 한다.

- 66kV 이상의 수전설 인입구에 시설한다.
- 정격전압에서 전로의 충전전류를 개폐한다.
- 3상을 동시에 개폐하며, 원방조작이 가능하다.

- 부하전류를 개폐하지 않는 장소에 사용한다.

### 1.6.3 컷아웃스위치(COS : Cut Out Switch)



컷아웃스위치

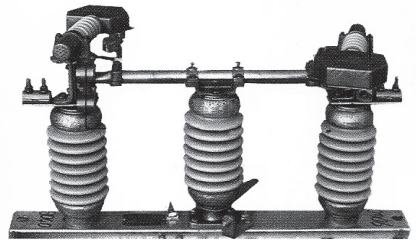
COS는 변압기의 과전류 보호와 선로 개폐를 위해 설치하며, 단극으로서 주로 변압기의 1차측 각상마다 설치한다. 비한류형 퓨즈가 내장되어 있다. 고압, 특고압 컷아웃스위치 2종류로 구분된다.

퓨즈링크의 퓨즈가 용단되면서 발생하는 아크열에 의해 퓨즈홀더 내벽의 물질이 분해되어 절연성 가스가 발생되며 이 가스는 아크의 지속을 억제시키고 열에 의해서 팽창되어 외부로 방출되면서 아크를 소멸한다. 일반적으로 선로용 퓨즈의 연속정격전류는 정격전류의 1.5배이며, 최소동작전류는 정격전류의 2배정도가 된다.

### 1.6.4 기중부하개폐기(I.S : Interrupter Switch)

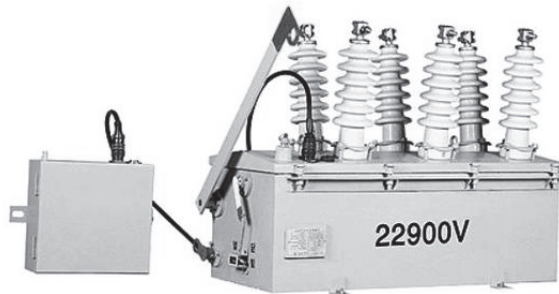
기중부하개폐기는 주로 수전실 구내 인입구에 설치하며, 부하전류를 개폐하는 곳에 사용한다. 수동조작과 전동조작이 가능하며, 고장전류는 차단할 수 없다. 염진해, 인화성 및 폭발성 가스가 존재하는 장소는 설치하지 않아야 한다.

- 정격전압 25.8KV : 600A



인터럽터 스위치

#### 1.6.5 자동고장구분개폐기(ASS : Automatic Section Switch)



자동고장구분개폐기

22.9 [kV]의 3상4선식 다중접지방식은 여러 가지 장점도 있으나 단점도 갖고 있다. 단점은 지락사고가 발생한 경우 지락전류가 너무 커서 단락사고와 같이 전력사업자의 배전선로에 설치된 리클로저나 공급 변전소에 설치된 차단기가 동작하여 사고가 파급될 수가 있다. 이러한 사고를 예방하기 위하여 대용량 수용가에 한하여 자동고장구분개폐기를 설치하도록 하고 있다.

수변전설비의 대형화와 신뢰성을 높이기 위해 22.9 [kV] 1,000 [kVA] 이하의 특별고압 간이수전설비에서는 인입구 개폐기로 자동고장구분개폐기를 의무적으로 설치하도록 하고 있다.

##### 1) 설치장소

- ① 전기사업자측 공급선로 분기점
- ② 수전실 구내 인입구
- ③ 자가용선로

## 2) 자동고장구분개폐기 다른명칭

자동고장구분개폐기는 제작회사 및 특성에 따라 명칭이 서로 다르게 사용되고 있다.

- A.S.S (Automatic Section Switch)
- A.S.B.S (Automatic Section Breaking Switch)
- A.S.B.R.S (Automatic Sectionalizing Breaking Reclosing Switch)
- A.S.F.S (Automatic Sectionalizing Fault Switch)
- G.A.S.S (Gas Auto Section Switch)

## 3) 기능 및 특성

### ① 계수기능

ASS는 1회 또는 2회의 계수 개방기능을 가지고 있으므로 과도고장<sup>3)</sup> 발생확률이 높은 수용가의 오동작을 방지할 수 있다.

1회 계수정정시(1회 계수기능)는 후비보호장치의 순시동작과 협조하여 ASS 최소동작전류 이상 및 후비보호장치 동작전류 이하는 차단하고 그 이상의 고장전류는 후비보호장치가 고장을 제거한 후 무전압상태에서 개방한다. 과도고장이 발행할 가능성이 적은 수용가나 고장 수리후 송전시 1회 계수기능을 사용하게 되면 고장을 신속하게 제거할 수 있다.

2회 계수정정시(2회 계수기능)는 후비보호장치의 순시동작과 협조하여 ASS의 최소동작전류 이상 및 후비보호장치 동작전류 이하는 직접차단하고 그 이상의 고장전류는 후비보호장치가 고장을 제거한 후 무전압상태에서 개방하거나, 지연동작과 협조하여 LOCK전류 이하는 직접 차단하고 LOCK전류 이상은 축세개방<sup>4)</sup>하게 된다.

2회 계수 정정되어 있어도 후비보호장치가 처음부터 지연동작을 하게 되면 LOCK전류 이하는 직접차단하게 되고 LOCK전류 이상은 1회만에 축세개방 됨으로 후비보호장치가 차단기 일 때도 차단기의 불필요 동작을 방지할 수 있다. 2회 계수정정은 과도고장의 발생확률이 높은 수용가에서 수용가 인입구장치로 LS 또는 DS대신 ASS를 사용함으로써 부하측 보호장치 투입에 따른 돌입전류에 의한 오동작을 방지 할 수 있으며, 선로측 리클로저와 보호협조가 된다.

### ② 과부하 보호기능

3) 과도고장이란 낙뢰, 조류접촉, 수목접촉등의 일시적인 고장을 말한다.

4) 스프링등을 축세하여 그 힘에 의해 개방됨을 의미한다. 축세한들이 있다.

변압기2차측 또는1차측의 고장에 대해 내장된 OCR, OCGR에 의한 과부하 및 지락보호 기능을 가지고 있다. 최소동작전류는1.5배에서 2.5초 이상의 강박한시 특성을 가지고 있으므로 변압기 여자전류, 순간적 과부하에 내성을 갖고 있다.

순시협조는 후비보호장치의 최소 동작점까지 동작하게 되고 2회 계수정정된 상태에서 지연 협조시는 대략 LOCK전류(800A) 이하에서 동작되게 된다.

### ③ 축세트립기능

후비보호장치의 순시동작과 협조하거나 LOCK전류(800A) 이상의 고장전류에 대하여 후비 보호장치에 의해 고장전류가 차단된 뒤에 동작할 수 있도록 1회 또는 2회 계수 축세트립 기능을 가지고 있다.

### ④ 돌입전류에 의한 오동작 방지기능

다른 수용가 또는 전원측 선로의 고장으로 인해 후비보호장치가 동작할 때 무전압이 되기 직 전 고장전류의 유무를 판단함으로써 선로 재가압시 발생하는 돌입전류로 인해 오동작 하지 않도록 되어 있다. 전위 보호장치 투입시 발생하는 돌입전류에 대해서는 2회 계수기능을 통해 방지한다.

### ⑤ 경부하 운전시의 오동작 해결

기존의 전류방식의 경우 부하전류가 작은 상태에서 고장이 발생하면 돌입전류 억제기능이 해제되지 않거나 제어전원 형성이 늦어 동작치 않을 수가 있으나, 전압 및 전류방식을 채택 하여 이러한 문제를 예방할 수 있다.

### ⑥ 과전류 LOCK 기능

정격차단전류(900A) 이상의 고장 발생시 개폐기를 보호하면서 고장을 제거할 수 있도록 과 전류 LOCK( $800 \pm 10\%$ ) 기능을 가지고 있다.

### ⑦ 순간적인 무전압 개방

축세 트립시 후비 보호장치의 재폐로시간(0.3~0.7초)중 개방될 수 있도록 무전압 직후 개방 되기 까지의 시간은 ANCI 규정시간인 0.25초 이내로 되어있다.

### ⑧ 재폐로 기능

리클로저와 협조 불가한 자기차단 영역(800A이내)에서의 과도고장을 억제할 목적으로 사용할 수 있으며 수목 및 조수 등의 접촉 위험이 있는 지역에서 정전을 방지하기 위해 1회 재투 입의 선택이 가능하다. 이때 공급선로는 고장이 파급되지 않는다.

#### 4) 최소동작전류의 정정

Selector 스위치에 의해 용이하게 최소동작전류를 정정할 수 있다. LOCK 전류는 800A로 고정되어 출고됨으로 선택스위치가 어떤 위치에 있어도 800A 이상을 직접 차단하지 않는다.

$$\frac{\text{계약용량[kW]}}{22.9[\text{kV}] \times \sqrt{3}} \times 2 \sim 3 \text{ 배} = \text{PHASE 최소동작전류}$$

- phase 최소동작전류는 최대부하전류의 2 ~ 3배로 한다.
- ground 최소동작전류가 부하전류보다 작으면 오동작우려가 있다. 이 경우 통상 phase 최소동작전류의 50%로 정정한다.
- 수용가 설치시 또는 전원측 FUSE 사용시 ASS 정정치 이상의 FUSE를 사용해야 한다.

#### 5) ASS 제어함

ASS의 제어기능은 제어함내의 Control Board에 의하여 이루어지며 과부하보호는 물론 단락·지락고장에 대해서도 후비보호장치와의 완전한 협조를 하게된다.

O.C Trip, G.R Trip, O.C축세Trip, G.R축세Trip, 과전류 LOCK, 계수기능이 있다.



고장구분 자동개폐기 컨트롤러

다음과 같이 구성된다.

##### ① 상(PHASE) 최소동작전류 정정스위치

선택스위치 : 7, 10, 15, 20, 30, 50, 70, 100, 140, 200A, BLOCK

##### ② 지락(GROUND) 최소동작전류 정정스위치

선택스위치 : 5, 7, 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100A, BY PASS

##### ③ 재투입 선택스위치