

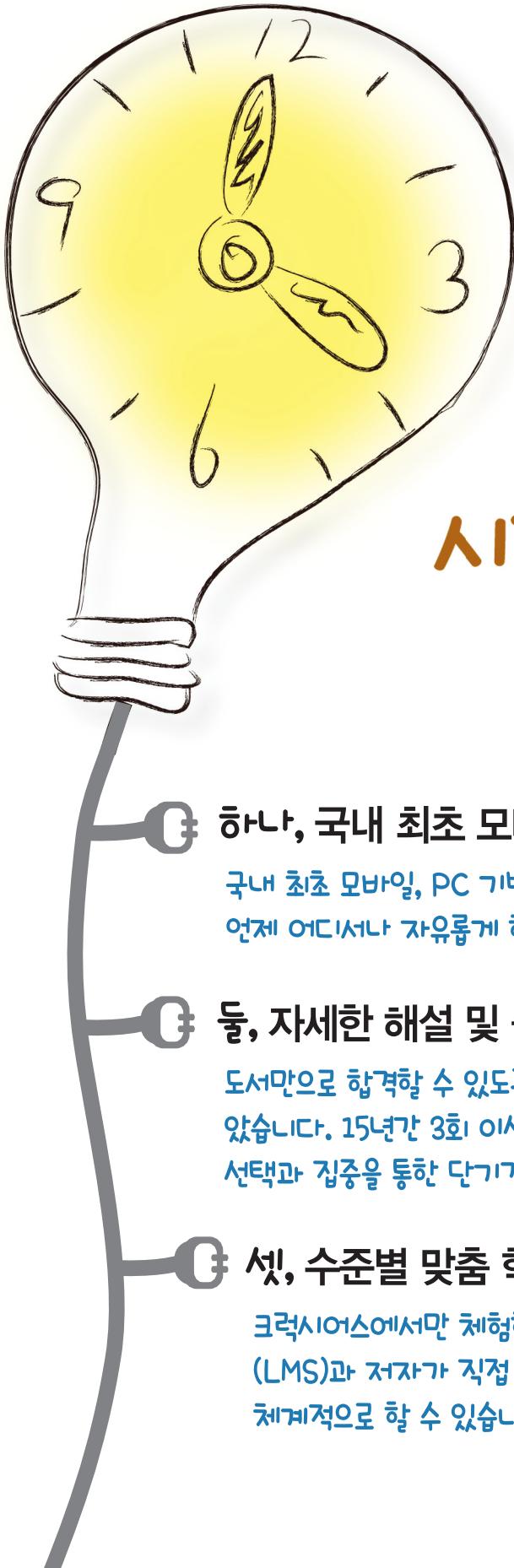
D-30 단기합격 솔루션

전기공사기사

필기

핵심 이론 &
엄선된 필수 기출문제 469선

김상훈 편저



1분 1초를
소중하게 생각하는
대한민국 수험생을 위한
시간 절약 캠페인

하나, 국내 최초 모바일, PC 기반 동영상 서비스

국내 최초 모바일, PC 기반 동영상 서비스를 통해
언제 어디서나 자유롭게 학습할 수 있습니다.

둘, 자세한 해설 및 출제빈도별 문제 분류

도서만으로 합격할 수 있도록 시험에 자주 출제된 핵심 이론과 문제를 담았습니다. 15년간 3회 이상 ~ 5회 이상 출제된 필수 문제들만 엄선하여 선택과 집중을 통한 단기간 합격이 가능하도록 구성하였습니다.

셋, 수준별 맞춤 학습관리 시스템

크랙시어스에서만 체험할 수 있는 수준별 맞춤 학습관리시스템
(LMS)과 저자가 직접 답변하는 서비스로 시험준비를
체계적으로 할 수 있습니다.

야무진 시험 준비

PC & 모바일 유료 동영상 강좌 수강 방법

| PC(컴퓨터)를 통한 동영상 수강 방법 |



사이트 접속

인터넷 주소표시줄에 <http://www.전기기사.com>을 입력하여 크럭시어스 홈페이지에 접속합니다.

※ 네이버 검색창에 '크럭시어스'를 검색해도 홈페이지에 접속할 수 있습니다.

회원가입 (로그인)

화면 우측 상단에 있는 「회원가입」을 클릭한 후 회원 가입 정보를 입력하여 회원으로 가입하고 로그인 합니다.

수강 신청

[수강신청] – [무제한 합격반]을 선택하여 '1개월/3개월/6개월/12개월 무제한 수강권' 중 자신의 학습 계획에 맞는 기간을 선택합니다.

※ 단기합격 솔루션 시리즈만 별도로 판매되는 동영상 강좌는 없으므로 '무제한 합격 반' 카테고리에서 '1개월 무제한 수강권'을 선택해 본 도서뿐만 아니라 한빛아카데미 전기 수험서의 모든 강좌를 1개월 동안 무제한 수강하는 혜택을 받아보세요.



“모바일에서도 동영상 강좌 시청”

| 수준별 학습 관리 시스템(LMS) |



▶ 무료 모의고사

- 무료 모의고사를 치르면서 시험의 유형과 난이도를 알 수 있습니다.
- 실제 시험과 똑같이 시간을 체크하면서 응시하세요.
- 모의고사 결과를 통해 부족한 부분을 미리 확인할 수 있어 체계적인 시간전략을 세울 수 있습니다.



▶ 상담 신청

자격증 취득 및 관련 취업 분야에 대한 궁금한 사항은 전문 학습 컨설턴트가 친절하게 상담해 드립니다.



▶ 고객센터

- 시험 정보 등 학습에 필요한 중요한 사항은 『공지사항』을 통해 알려드립니다.
- 파본 도서 또는 도서 상품에 대한 문의는 『1:1 문의』에 남겨주세요.
- 학습 중 어려운 내용 또는 이해 안 되는 부분을 『즉문즉답』에 남기면 저자가 직접 자세한 답변을 해드립니다.
- 동영상 수강 후 강의 평기를 『수강후기』에 올려주세요.

| 모바일 동영상 수강 방법 |

QR코드를
확인하세요.



왼쪽의
QR코드를
어플로 촬영

로그인
회원가입 및
수강 신청

[무제한 합격반]
필요 강좌 선택

※ QR코드 어플을 다운 받아야 QR코드로 확인이 가능합니다.

야무진 시험 준비

시험 안내

시험 상세 정보 및 응시자격 자가진단은 Q-NET 홈페이지(www.q-net.or.kr)에서 꼭 확인해야 합니다.



시행처

한국산업인력공단(<http://www.q-net.or.kr>)



시험 과목

- **필기** : 전기응용 및 공사재료, 전력공학, 전기기기, 회로이론 및 제어공학, 전기설비기술기준 및 판단기준
- **실기** : 전기설비 견적 및 시공



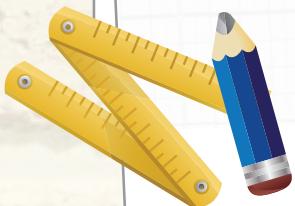
응시자격

- 산업기사 + 1년 이상 경력자
- 기능사 + 3년 이상 경력자
- 타 분야 기사자격 취득자
- 4년제 관련 학과 대학 졸업 및 졸업 예정자
- 전문대학 졸업 + 2년 이상 경력자
- 교육훈련기관(기사 수준) 이수자 또는 이수 예정자
- 교육훈련기관(산업기사 수준) 이수자 또는 이수 예정자 + 2년 이상 경력자
- 동일직무 분야 4년 이상 실무 경력자



검정 방법

- **필기** : 객관식 4지 택일형, 과목당 20문항(과목당 30분)
100점을 만점으로 하여 과목당 40점 이상, 전과목 평균 60점 이상
- **실기** : 필답형(2시간 30분)
100점을 만점으로 하여 60점 이상



“자격증 준비부터 취업까지”



가산점

- 6급 이하 및 기술직공무원 채용시험 시(5%)
- 한국산업인력공단 일반직 5급 채용 시(필기시험 만점의 6%)
- 경찰공무원 채용 시험



취업 및 전망

- 한국전력공사



- 전기 관련 제조, 관리, 대행 업체

한국전력공사를 비롯한 전기기기 제조업체, 전기공사업체, 전기설계전문업체, 전기기기 설비업체, 전기안전관리 대행업체, 환경시설업체 등에 취업



- 연구실 및 개발실

전기부품 · 장비 · 장치의 디자인 및 제조, 실험과 관련된 연구를 담당하기 위해 생산업체의 연구실 및 개발실에 종사



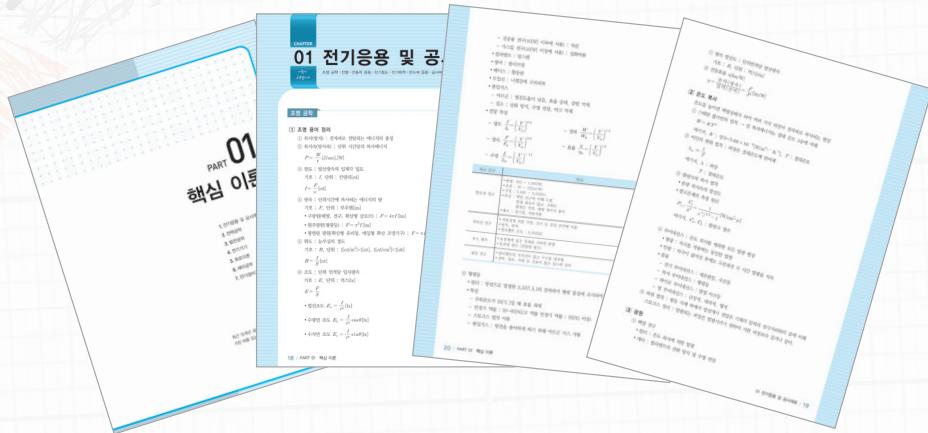
야무진 시험 준비

III

이 책의 학습 방법

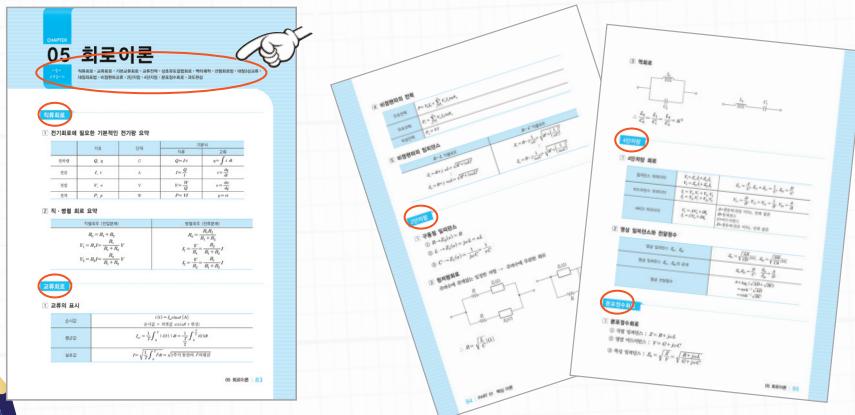
1. 시간이 부족한 수험생을 위한 초단기 핵심 이론

광범위한 이론 가운데 15년간 출제된 내용 중 출제 비중이 높은 이론과 기본적으로 알아두어야 하는 내용들을 일목요연하게 정리하였습니다.



2. 챕터별 ‘이렇게 공부합시다’를 통한 핵심 키워드

각 과목의 세부 이론을 모두 이해하고 암기하기는 어렵습니다. 각 과목의 챕터마다 꼭 짚고 가야 할 키워드를 우선적으로 공부함으로써 선택과 집중을 통한 단기 학습의 효율성을 높일 수 있습니다.



“합격을 위한 독자사랑 서비스”

3. 15년간 3회 ~ 5회 이상 출제된 필수 기출문제

15년간 3회 이상 출제된 문제부터 5회 이상 출제된 문제까지 가장 많이 출제된 문제들만 모았습니다. 시험 D-30 동안 본 도서의 이론과 문제들만 익숙해지도록 풀어볼 수 있다면 합격 커트라인 거뜬히 넘을 수 있습니다.

4. 저자님과 친구 맺고 실시간 질의응답

크럭시어스 홈페이지(www.전기기사.com)를 통해 저자님과 메신저 친구가 되어보세요. 또는, Daum 공식 카페(합격발전소)에 가입하여 공부 하다 막히는 내용, 풀리지 않는 문제를 메신저나 게시판을 통해 남기면 실시간으로 저자님의 자세한 설명을 들을 수 있습니다.

The image is a collage of several screenshots from mobile applications, likely related to job hunting or customer service. It includes:

- A top navigation bar with icons for profile, search, and account.
- A section titled "나의 강의실" (My Classroom) showing a video thumbnail for "수강신청" (Enrollment).
- A section titled "고객센터" (Customer Service) with a large hand icon.
- A large central banner for "ALL PASS 합격반" (All Pass Success Class) with a 400% discount offer.
- A circular profile picture of a man named "임꺽정 김상훈" (Lim Gukjung Kim Sang-hoon) with the ID "eleckam36599".
- A section titled "제작자 필독" (Must Read for Creators) with a video thumbnail for "공지사항" (Notice).
- A list of notices:
 - [1] 2018년 1월 1일부터 활용 사용자에게 적용되는 내용입니다.
 - [2] 2018년 1월 1일부터 적용되는 내용입니다.
 - [3] 2018년 1월 1일부터 적용되는 내용입니다.
 - [4] 2018년 1월 1일부터 적용되는 내용입니다.
 - [5] 2018년 1월 1일부터 적용되는 내용입니다.
- A large red oval highlights the phone number "1644.3659".
- A bottom banner for "CROUXERS" with the text "365일 9학년" (365 days, 9th grade).
- Callout boxes with Korean text:
 - "고객센터로 1:1 문의해요!" (Ask the customer service 1:1!)
 - "저장님과 친구 맛어요!" (It's delicious like your boss and friend!)
 - "'365일 9학년' 만 기억하세요!" (Remember '365 days, 9th grade'!)

한눈에 보는 출제 분석표

당해 연도 출제 경향 분석에 따른 최신 정보는 크럭시어스(www.transistor.com)에서 업데이트됩니다.

① 전기응용 및 공사재료

내용	출제빈도[%]		내용	출제빈도[%]	
	2001년~2014년	2015년		2001년~2014년	2015년
조명공학	12	10	전열공학	10	17
전동력 응용	10	7	전기철도	7	5
전기화학	7	15	전력용 반도체	2	10
자동제어	6	0	공사재료	46	37

② 전력공학

내용	출제빈도[%]	
	2001년~2014년	2015년
송전	전선로	5
	선로정수 및 코로나	11
	송전선로 특성값 계산	13
	고장계산	6
	증성점접지방식	6
	유도장해	6
	이상전압 및 전력용 개폐장치	16
배전	배전선로 구성과 공급방식	12
	배전선로의 전기적 특성	6
	배전선로의 운용과 보호	5
발전	수력발전	6
	화력발전	5
	원자력발전	3

③ 전기기기

내용	출제빈도[%]		내용	출제빈도[%]	
	2001년~2014년	2015년		2001년~2014년	2015년
직류기	20	12	유도기	25	25
동기기	20	22	교류정류자기	5	8
변압기	22	23	정류기	8	10



“분석표로 요령 있게 공부”

④ 회로이론

내용	출제빈도[%]		내용	출제빈도[%]	
	2001년~2014년	2015년		2001년~2014년	2015년
직류회로	8	4	대칭 n상 교류	14	17
정현파교류	8	8	대칭좌표법	8	4
기본교류회로	12	21	비정현파 교류	5	4
교류전력	6	4	2단자망	5	4
상호유도결합회로	1	4	4단자망	9	4
벡터궤적	1	0	분포정수회로	9	8
선형회로망	6	4	과도현상	8	13

⑤ 자동제어

내용	출제빈도[%]		내용	출제빈도[%]	
	2001년~2014년	2015년		2001년~2014년	2015년
자동제어시스템	5	3	블록선도와 신호흐름선도	9	17
주파수 응답	8	8	상태공간법 및 Z변환	12	4
라플라스변환	15	14	시간응답	6	14
안정도	17	14	편차와 감도	2	0
전달함수	13	6	시퀀스제어	6	8
근궤적	6	3	제어기기	1	0

⑥ 전기설비기술기준 및 판단기준

내용	출제빈도[%]		내용	출제빈도[%]	
	2001년~2014년	2015년		2001년~2014년	2015년
종칙	26	17	전력보안통신설비	9	5
전기의 발전 및 운용장소의 전기시설	10	12	전기사용장소의 시설	18	23
전선로	32	38	전기철도	5	5

아무진
시험 준비
V

실력에 맞는 선택적 학습 계획표

'합격을 위한 기간별 학습 전략'과 '내 실력에 맞는 학습 전략'을 통해 능률적인 학습 계획표를 세우길 바랍니다.

| 합격을 위한 기간별 학습 전략 |

① 90일 전략

- 기본서 6종(6일씩 36일)
- 필기 과년도 기출문제(1회씩 총 45일)
- 단기합격 솔루션(이론 정리 5일, 문제 4일)



② 60일 전략

- 기본서 6종(5일씩 30일)
- 필기 과년도 기출문제(2회씩 총 23일)
- 단기합격 솔루션(이론 정리 4일, 문제 3일)



③ 30일 전략

- 필기 과년도 기출문제(2회씩 총 23일)
- 단기합격 솔루션(이론 정리 4일, 문제 3일)



“수험자별 맞춤 로드맵”

| 내 실력에 맞는 학습 전략은? |



30점
향상

- ① 기본 지식이 부족? 기본서 6과목 이론의 집중적 학습과 핵심 기출문제 및 실전 기출문제의 반복 풀이
- ② 필기 과년도 기출문제 중 최근 10개년 기출문제 중심의 매일 꾸준한 학습 (부족한 과목은 기본서의 이론으로 보충 후 해당 과목 기출문제 위주로 복습)
- ③ 시험 D-10부터는 단기합격 솔루션의 핵심 이론으로 총정리 후 엄선된 필수 기출문제는 암기하듯 풀이

VS



20점
향상

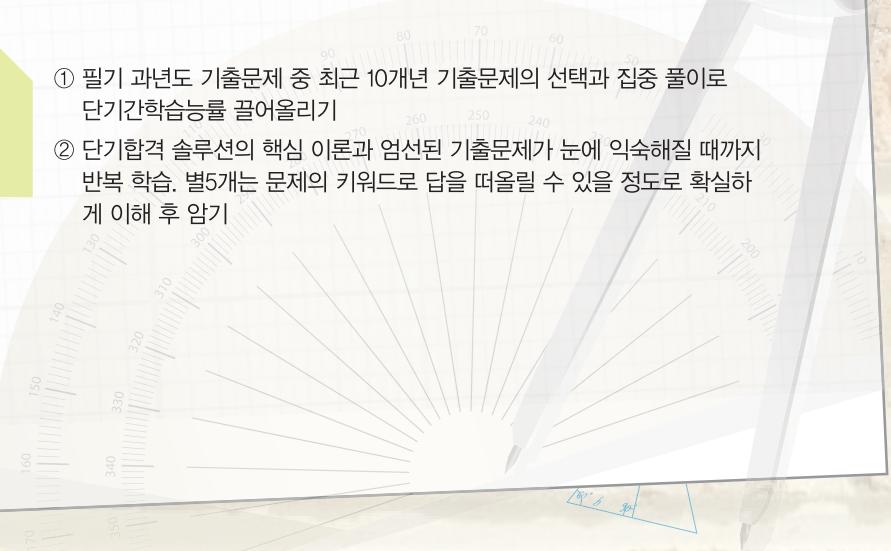
- ① 기본서 6과목 중 기초가 모자란 과목에 집중적 학습 (핵심 기출문제와 실전 기출문제는 필수적으로 풀기)
- ② 필기 과년도 기출문제는 2015년 최신 문제부터 역순으로 풀이 단, 시간이 부족할 때는 최신 7개년 기출문제 위주의 매일 반복적 풀이가 중요!
- ③ 단기합격 솔루션 한 권은 완벽히 마스터! 특히 별5개~별4개 문제에 가중 치를 두어 학습

VS



10점
향상

- ① 필기 과년도 기출문제 중 최근 10개년 기출문제의 선택과 집중 풀이로 단기간 학습 능률 끌어올리기
- ② 단기합격 솔루션의 핵심 이론과 엄선된 기출문제가 눈에 익숙해질 때까지 반복 학습. 별5개는 문제의 키워드로 답을 떠올릴 수 있을 정도로 확실하게 이해 후 암기



| 실기 시험, 이렇게 준비하세요 |

필기시험을 치른 당일부터 실기 공부를 시작한다고 해도 기간은 약 한 달!
일단 필기시험 가채점 결과 합격선에 들어왔다면 30일은 실기공부에 올인한다.

1단계 ▶ 시험문제의 유형 파악

기출문제집의 1개년치만 훑어보면 크게 '단답형 / 서술형', '계산형', '시퀀스 문제', '수전설비 문제', '견적 문제'로 구성됨을 알 수 있다.

2단계 ▶ 기출문제집을 처음부터 끝까지 1회 풀기

매일 7~10시간은 물리적인 시간 투자를 한다. 기출문제 한 권을 다 풀어보되 2015년 최근 문제부터 2001년 과년도 문제 순서로 푼다. 문제 유형과 난이도 수준, 자신의 실력을 점검할 수 있다.

3단계 ▶ 김상훈 저자님과 함께 풀기

동영상 강좌를 수강 신청하여 모바일을 통해 언제 어디서나 텀튼이 예습·복습을 한다. 특히, 나만의 노트를 만들어 어려운 용어, 계산식 문제에서 자주 등장하는 공식, 김상훈 저자님이 칠판에 직접 그리는 도면, 타임차트 및 풀이과정을 꼼꼼하게 노트한다.

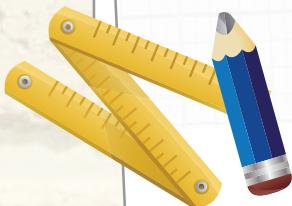
※ 동영상 강좌 수강 시청은 크릭시어스 홈페이지(www.전기기사.com)에서 등록

4단계 ▶ 유형별로 묶어서 공부하기

자주 틀리는 유형의 문제만 모아서 풀어본다. 강의를 통해 풀이 과정을 이해하고, 확실히 아는 문제는 스피드하게 풀거나 과감하게 넘어간다. 단답형의 경우는 나만의 요약 노트로 자투리 시간을 할애한다.

5단계 ▶ 실수하지 않기

계산식 문제에서 단위를 표기하라는 말이 없더라도 정확히 적어주는 연습, 소수 몇 째 자리에서 반올림해야 하는지 등 사소하게 놓칠 수 있는 부분이나 시험 시 주의 해야 할 사항들을 꼼꼼하게 체크해둔다.



이 책의 목차

회차별 학습 체크 리스트

야무진
시험 준비

PC & 모바일 유료 동영상 강좌 수강 방법.....	4
시험 안내.....	6
이 책의 학습 방법.....	8
한눈에 보는 출제 분석표.....	10
실력에 맞는 선택적 학습 계획표	12
회차별 학습 체크 리스트.....	15
편저자의 말	16

PART 01

핵심 이론

학습

01_전기응용 및 공사재료	18	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
02_전력공학.....	33	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
03_발전공학.....	52	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
04_전기기기.....	61	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
05_회로이론.....	81	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
06_제어공학.....	97	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
07_전기설비기술기준 및 판단기준.....	110	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

PART 02

엄선된 필수 기출문제 469선

학습

01_엄선된 필수 기출문제 111선(5회 이상).....	138	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
02_엄선된 필수 기출문제 129선(4회 이상).....	175	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
03_엄선된 필수 기출문제 229선(3회 이상).....	219	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



편저자의 말

현재 전기 분야는 모든 산업에 있어서 없어서는 안 될 주요 분야 중의 하나이며 중요성이 날로 증대되는 학문의 하나로 자리 잡고 있습니다. 이러한 전기 분야에서 고도의 기술자를 양성하기 위하여 한국산업인력공단에서는 해마다 전기기사를 비롯한 전기 분야의 여러 종목의 시험을 치르고 있으며 현재도 이러한 국가자격시험을 통하여 산업현장에 적합한 양질의 전기기술자를 발굴하고 있습니다. 1970년대 중반부터 시행된 전기 분야 국가기술자격시험은 일부 개정을 거쳐 현재에 이르고 있으며 전기 분야 국가기술자격시험을 합격하기 위해서는 많은 전략과 노력이 필요하다고 할 수 있습니다.

최근 5년 동안의 시험 경향을 보면 확실히 예전보다는 조금 어려워졌습니다. 예전처럼 외워서 준비해가는 부분보다 이론을 이해해야 풀 수 있는 문제들이 많아지고 있기 때문입니다.

특히 필기시험은 출제경향이 크게 다르지 않은데 실기시험이 회차별로 난이도 차이를 조금씩 보이고 있고, 더구나 실기시험은 예전보다 문제수가 늘어나 좀 더 세분화되었다고 볼 수 있습니다.

그러므로 새로운 경향을 찾는 것보다는 기출문제를 많이 풀어보는 것이 빠른 합격에 더 유리할 수 있습니다.

또 전기기사 출제경향은 합격자 수로 이야기하는 경우가 많지만, 작년에 합격자 수가 많았다고 해서 올해 꼭 적게 나오는 것은 아닙니다. 약간씩 출제경향의 변화가 있지만 난이도는 거의 대동소이하며, 수급조절은 3~5년으로 보기 때문에 수험생 스스로 설부른 판단은 하지 않도록 해야 합니다.

필자는 10여 년 전부터 현재까지 오프라인 학원, 수많은 온라인 교육 및 EBS 강의를 진행하면서 많은 수험생들을 접하며 그들이 가지고 있는 고충과 애로사항을 청취한 결과 국가기술자격시험 합격을 위한 보다 쉽고 확실한 해법을 주기 위하여 이 교재를 집필하게 되었습니다.

본 수험서의 특징은 그간 어렵게 생각했던 문제를 쉽게 해결하여 수험생들이 혼자 공부할 수 있도록 집필하였으며, 문제마다 별 표시를 통해 중요 부분을 확인할 수 있게 하여 시험 대비 시 공부의 효율을 높이도록 집필 되었습니다.

마지막으로 본 수험서로 공부하는 모든 분들의 합격을 기원하며 본 수험서가 출간되기까지 많은 노력을 기울이신 크릭시어스와 한빛아카데미 출판사 임직원 여러분께도 감사 말씀을 전합니다.

편저자 김상훈



PART 01

핵심 이론

1. 전기응용 및 공사재료
2. 전력공학
3. 발전공학
4. 전기기기
5. 회로이론
6. 제어공학
7. 전기설비기술기준 및 판단기준

최근 15개년 과년도 기출문제를 토대로
가장 비중 있는 내용만을 정리한 핵심 이론입니다.

01 전기응용 및 공사재료

이 책은
공부할 때마다

조명 공학 · 전열 · 전동력 응용 · 전기철도 · 전기화학 · 반도체 응용 · 공사재료

조명 공학

① 조명 용어 정리

① 복사(방사) : 전자파로 전달되는 에너지의 총칭

② 복사속(방사속) : 단위 시간당의 복사에너지

$$P = \frac{W}{t} [\text{J/sec}], [\text{W}]$$

③ 광도 : 발산광속의 입체각 밀도

기호 : I , 단위 : 칸델라[cd]

$$I = \frac{F}{\omega} [\text{cd}]$$

④ 광속 : 단위시간에 복사되는 에너지의 량

기호 : F , 단위 : 루우멘[lm]

- 구광원(태양, 전구, 확산형 글로브) : $F = 4\pi I [\text{lm}]$

- 원주광원(형광등) : $F = \pi^2 I [\text{lm}]$

- 평면판 광원(확산형 유리창, 매입형 확산 조명기구) : $F = \pi I [\text{lm}]$

⑤ 휘도 : 눈부심의 정도

기호 : B , 단위 : $1[\text{cd}/\text{m}^2] = 1[\text{nt}]$, $1[\text{cd}/\text{cm}^2] = 1[\text{sb}]$

$$B = \frac{I}{S} [\text{nt}]$$

⑥ 조도 : 단위 면적당 입사광속

기호 : E , 단위 : 럭스[lx]

$$E = \frac{F}{S}$$

- 법선조도 $E_n = \frac{I}{r^2} [\text{lx}]$

- 수평면 조도 $E_h = \frac{I}{r^2} \cos\theta [\text{lx}]$

- 수직면 조도 $E_v = \frac{I}{r^2} \sin\theta [\text{lx}]$

⑦ 광속 발산도 : 단위면적당 발산광속

기호 : R , 단위 : 럭스[rlx]

⑧ 전등효율 η [lm/W]

$$\eta = \frac{\text{출력(광속)}}{\text{입력(전력)}} = \frac{F}{P} [\text{lm}/\text{W}]$$

② 온도 복사

온도를 높이면 백열상태가 되어 여러 가지 파장이 전자파로 복사되는 현상

① 스텐판 볼츠만의 법칙 \rightarrow 전 복사에너지에는 절대 온도 4승에 비례

$$W = KT^4$$

여기서, K : 상수 $= 5.68 \times 10^{-8} [\text{W}/\text{m}^2 \cdot {}^\circ\text{K}^4]$, T : 절대온도

② 비인의 변위 법칙 : 파장은 절대온도에 반비례

$$\lambda_m \propto \frac{1}{T}$$

여기서, λ : 파장

T : 절대온도

③ 플랑크의 복사 법칙

- 분광 복사속의 발산도
- 광고온계의 측정 원리

$$P_\lambda = \frac{C_1}{\lambda^5} = \frac{1}{e^{C_2/\lambda T} - 1} [\text{W}/\text{cm}^2 \cdot \mu]$$

여기서, C_1 , C_2 : 플랑크 정수

④ 루미네선스 : 온도 복사를 제외한 모든 발광 현상

- 형광 : 자극을 작용하는 동안만 발광
- 인광 : 자극이 없어진 후에도 수분내진 수 시간 발광을 지속
- 종류

- 전기 루미네선스 : 네온관등, 수은등
- 복사 루미네선스 : 형광등
- 파이로 루미네선스 : 발염 아크등
- 열 루미네선스 : 금강석, 대리석, 형석

⑤ 파센 법칙 : 평등 자계 하에서 방전개시 전압은 기체의 압력과 전극거리와의 곱에 비례

스토크스 정리 : 발광되는 파장은 발광시키기 위하여 가한 파장보다 길거나 같다.

③ 광원

① 백열 전구

- 원리 : 온도 복사에 의한 발광
- 게터 : 필라멘트의 산화 방지 및 수명 연장

- 진공용 전구(40[W] 이하에 사용) : 적린
- 가스입 전구(40[W] 이상에 사용) : 질화바륨
- 필라멘트 : 텅스텐
- 앵커 : 몰리브덴
- 베이스 : 황동판
- 도입선 : 니켈강에 구리피복
- 봉입가스
 - 아르곤 : 열전도율이 낮음, 효율 증대, 증발 억제
 - 질소 : 산화 방지, 수명 연장, 아크 억제
- 전압 특성
 - 광도 $\frac{I}{I_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{0.5}$
 - 전력 $\frac{W}{W_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{1.5}$
 - 광속 $\frac{F}{F_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{3.6}$
 - 효율 $\frac{\eta}{\eta_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{1.9}$
 - 수명 $\frac{L}{L_0} = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{-14}$

특수 전구	특징
할로겐 전구	<ul style="list-style-type: none"> • 용량: 500 ~ 1,500[W] • 효율 : 20 ~ 22[lm/W] • 수명 : 2,000 ~ 3,000[h] • 특성 : 백열 전구에 비해 소형 발생 광속이 많고, 고화도 광색은 적색, 배광 제어가 용이 • 용도 : 경기장, 자동차용
적외선 전구	<ul style="list-style-type: none"> • 적외선에 의한 가열, 건조 등 공업 분야에 이용 • 방직, 염색 • 필라멘트 온도 : 2,500[K]
E·L 램프	<ul style="list-style-type: none"> • 유전체에 넣고 전계를 가하면 발광 • 유전체 램프 (면광원 램프)
내진 전구	<ul style="list-style-type: none"> • 필라멘트의 지지선이 많고 구조를 내진형 • 선박, 철도, 차량 등 진동이 많은 장소에 설치

② 형광등

- 원리 : 방전으로 발생된 2,537[Å]의 전자파가 형광 물질에 조사되어 가시광선을 발생
- 특징
 - 주위온도가 25[°C]일 때 효율 최대
 - 안정기 역률 : 50~60[%](고 역률 안정기 역률 : 85[%] 이상)
 - 스토크스 법칙 이용
 - 봉입가스 : 방전을 용이하게 하기 위해 아르곤 가스 사용

- 형광체의 광색

형광체	광색
텅스텐산 칼슘	청색
텅스텐산 마그네슘	청백색
봉산 카드뮴	핑크색
규산 아연	녹색
규산 카드뮴	등색

③ 나트륨등

- 투시력이 좋다(안개 낀 지역, 터널 등에서 사용).
- 단색 광원으로 옥내 조명에 부적당
- 효율이 최대
 - 이론상의 효율 $\eta = 395 \text{ [lm/W]}$
 - 실제 효율 $\eta = 40 \sim 70 \text{ [lm/W]}$
 - 가장 적당한 효율 $\eta = 80 \sim 150 \text{ [lm/W]}$

④ 수은등

- 원리 : 수은 증기 중의 방전을 이용
- 빌광관의 온도를 고온유지 : 2중관 (발광관 + 외관)을 사용
- 특성
 - 저압 수은등 : 스펙트럼 에너지 파장 : $2,537 \text{ [\AA]}$
 - 고압 수은등 : 효율이 좋고, 소형이며, 광속이 크므로 널리 사용
 - 초고압 수은등 : 증기압 10 기압 이상 휘도가 크다.

⑤ 네온관등

- 원리 : 양광주(가늘고 긴 유리관의 양단에 전극을 봉입하고 수[mmHg] 불활성가스의 방전에 이용한 냉음극 방전등)
- 용도 : 광고등(네온사인용)
- 방전의 색상

가스의 종류	네온(Ne)	수은(Hg)	아르곤(Ar)	나트륨(Na)	헬륨(He)	수소(H ₂)	이산화탄소(CO ₂)	질소(N ₂)
발광색	주홍	청록	붉은 보라	노랑	붉은 노랑	장미색	흰색	황색

⑥ 네온 전구

- 발광 원리 : 음극 글로우 (부글로우)
- 용도
 - 소비전력이 적으므로 배전반의 파이럿 램프
 - 직류의 극성 판별용에 이용
 - 검전기 교류 파고치의 측정

⑦ 크세논 램프

- 높은 압력으로 봉입한 크세논 가스중의 방전을 이용

- 연색성이 가장 우수
 - 이유 : 분광에너지와 주광에너지 분포가 비슷

④ 조명 설계

① 옥내 조명

$$\bullet \text{ 실지수} = \frac{XY}{H(X+Y)}$$

$$\bullet \text{ 광속법 } FUN = EAD$$

여기서, F : 광속[lm], U : 조명률, N : 등수[등]

E : 조도[lx], A : 면적[m²], D : 감광보상률

- 간격

- 기구 간격 S

$$S \leq 1.5H$$

- 광원과 벽면 거리 S_o

$$S_o \leq H/2(\text{벽 측을 사용하지 않을 경우})$$

$$S_o \leq H/3(\text{벽 측을 사용할 경우})$$

② 도로 조명

$$FUN = ESD$$

여기서, F : 등주 1개당의 광원 광속[lm], a : 도로의 폭[m]

b : 등주 간격[m], E : 도로면 위의 평균 조도[lx]

- 조도계산 시의 면적

- 양쪽 배열(대칭 배열), 지그재그식 $S = \frac{ab}{2}$

- 한쪽 배열, 중앙 배열 $S = a \cdot b$

전열

① 전열, 전기회로의 비교

전기			전열			단위(공업용)
명칭	기호	단위	명칭	기호	단위	
전압	V	[V]	온도차	θ	[°C]	[°C]
전류	I	[A]	열류	I	[W]	[kcal/h]
저항	R	[Ω]	열저항	R	[°C/W]	[°Ch/kcal]
전기량	Q	[C]	열량	Q	[J]	[kcal]
전도율	K	[Ω/m]	열전도율	K	[W/m·°C]	[kcal/h·m·°C]
정전용량	C	[F]	열용량	C	[J/°C]	[kcal/°C]

1[kcal] : 1[kg]의 물을 1[°C] 가열하는데 요하는 열량

$$1[J] = 0.24[cal]$$

$$1[cal] = 4.2[J]$$

$$1[B.T.U] = 0.252[kcal]$$

$$1[kWh] = 860[kcal]$$

[2] 열량

$$Q = C\theta[J]$$

여기서, C : 열용량

$$C = c \times m \text{ (비열} \times \text{질량)}$$

θ : 온도차

열량 계산

$$\textcircled{1} \quad Q = cm\theta[cal]$$

- 단위가 [cal]이면 질량은 [g]
- 단위가 [kcal]이면 질량은 [kg]

$$\textcircled{2} \quad Q = 0.24I^2Rt[cal]$$

I : 전류[A], R : 저항[Ω], t : 시간[sec]

$$\textcircled{3} \quad Q = 860Pt[kcal]$$

P : 전력[kW], t : 시간[h], η : 효율

$$Q = m[c\theta + q][kcal]$$

단, q : 잠열 ▶ 1[kg] 물을 증기로 변화되면 539[kcal]의 열량 필요

$$\textcircled{4} \quad Q = 860\eta \cdot Pt = c \cdot m(T - T_o)[kW]$$

$$\bullet \text{ 소비전력 } P = \frac{c \cdot m(T - T_o)}{860\eta \cdot t}$$

$$\bullet \text{ 효율 } \eta = \frac{c \cdot m(T - T_o)}{860P \cdot t} \times 100[\%]$$

$$\bullet \text{ 시간 } t = \frac{c \cdot m(T - T_o)}{860P} [h]$$

[3] 전열 재료

$$\textcircled{1} \quad \text{발열체의 구비조건}$$

- 내식성, 내열성이 클 것
- 알맞은 고유 저항을 가지고 저항의 온도 계수가 (+)로 작을 것
- 연전성이 풍부하고 가공이 용이할 것
- 경제적일 것

$$\textcircled{2} \quad \text{발열체의 종류}$$

종류	최고 사용온도[°C]
니크롬 1종	1,100
니크롬 2종	900
칠크롬 1종	1,200
칠크롬 2종	1,100

④ 공업용 온도측정

- ① 저항 온도계 : 온도가 상승하면 저항이 증가하는 원리 이용
- ② 방사(복사) 고온계 : 스테판 볼쓰만 법칙 이용 ($W = KT^4$)
 - 비접촉식, 조작이 간단
 - 2,000[°C] 이상 측정 가능
- ③ 광고온계 : 플랑크의 온도 복사 법칙
 - 피측온물이 작은 경우에 사용
 - 2,000[°C] 이상 측정 가능
- ④ 열전 온도계 : 열전대의 제어백 효과 이용

열전대의 종류	최고 측정온도[°C]
구리-콘스탄탄	400
철-콘스탄탄	700
크로뮴-알루뮴	1,000
백금-백금로듐	1,400

⑤ 전기로

- ① 저항로 : 도체에 생기는 줄열(옴손)을 이용

직접저항가열		간접저항가열	
종류	특징	종류	특징
<ul style="list-style-type: none"> • 흑연화로 • 카바린덤로 • 카바이드로 • 알루미늄용해로 	열효율이 가장 우수 $\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}$ $\text{CaO} + 3\text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$	<ul style="list-style-type: none"> • 흑연 저항로 • 염욕로 • 크립톨로 • 발열체로 • 탄화규소로 	복잡한 형태의 물질을 균일하게 가열

- ② 아크로 : 전극간의 방전에 의해 아크에서 발생하는 고열을 이용

- 흑연 전극 사용
- 역률 70~80[%]
- 수하 특성

종류	방식	용도
저압 아크로	직접식(엘식) 간접식(요동식)	피열물 자체를 전극으로 사용(제철, 제강로)
고압 아크로		초산(질산), 초산석회 제조

⑥ 가열

① 유전가열 : 유전체에서 발생되는 유전체손을 이용

장점	단점	용도
<ul style="list-style-type: none">• 균일하게 가열• 가열 시간 단축• 선택적 가열 가능	<ul style="list-style-type: none">• 고주파 전원 필요• 설비비가 고가• 효율이 나쁨	<ul style="list-style-type: none">• 목재가열• 플라스틱 성형 및 용접• 열처리

② 유도가열 : 도전성 물질(금속)에서 발생하는 와류손과 히스테리시스손에 의한 발열 이용

- 표면가열 : 금속의 담금질, 금속의 표면처리, 국부가열
- 반도체 정련 : 단결정 제조
- 불순물이 적은 제품을 얻을 수 있다.
- 직류 사용 불가(유전가열과 공통점)

③ 적외선 가열 건조

- 표면건조 및 각 부분 균등 건조 : 방직 염색, 자동차 도장, 도자기에 사용
- 조작간편, 온도 조절용이
- 설비비 저렴 및 구조 간단
- 청결하고 안전

전동력 응용

① 전동기의 종류

① 직류 전동기 : 속도 조정이 간단하고 정밀한 속도 제어

- 직권
 - 기동토크가 크다($\tau \propto I^2 \propto \frac{1}{N^2}$) : 전기 철도
- 분권
 - 정속도 특성
 - 자기 기동이 어렵다.

② 교류 전동기 : 전원을 자유롭게 얻을 수 있고 경제적

- 동기 전동기
 - 효율이 가장 높고 정속도 특성
 - 자기 기동이 어렵다.
- 농형 유도 전동기
 - 기동법 : 직입기동, Y - △ 기동(5 ~ 15[kW]), 기동보상기법(단권변압기 이용)

특수 농형

- 기동이 빈번한 부하
- 동기속도 이상 회전이 불가능

- 단상 유도 전동기 : 속도 변동이 크고 효율이 낮다(가정용).

※ 기동 토크 큰 순서

반발 기동형 > 반발 유도형 > 콘덴서 기동형 > 분상 기동형 > 셰이딩 코일형

② 전동기 속도제어

$$\textcircled{1} \text{ 직류 전동기} : N = k \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$

- 저항제어 : 효율이 낮고 전력 손실이 크다.
- 전압제어 : 광범위한 속도제어 가능
 - 워어드 레오너드 방식 : 10 : 1 범위까지
 - 일그네 방식 : 부하가 수시로 변하는데 사용
 - 플라이 헐 이용
 - 가변속도 대용량 제관기, 제철용 압연기
 - 휴퍼 제어 방식 : 대형 전기 철도
- 계자 제어 : 미세 제어, 광범위한 속도제어 가능, 정류 불량

② 교류 전동기(농형 유도 전동기)

- 주파수 제어
 - Pot Motor
 - 선박의 전기 추진
- 극수 변환
 - 극수를 바꾸어 속도 변환
 - 승강기, 송풍기, 펌프, 목공기계, 공작기계
- 전압제어 : $\tau \propto V^2$
- 2차 저항제어 : 비례추이 원리를 이용(권선형 유도 전동기)

③ 전동기 제동법

① 발전제동

- 운동에너지를 전기적 에너지로 변환
- 자체 저항이 소비되면서 제동

② 회생제동

- 유도전압을 전원전압보다 높게 하여 제동하는 방식
- 발전 제동하여 발생된 전력을 선로로 되돌려 보냄
- 전원 : 회전 변류기를 이용

- 장소 : 산악지대의 전기철도용
- ③ 역상제동(플러깅)
 - 3상 중 2상을 바꾸어 제동
 - 속도를 급격히 정지 또는 감속시킬 때

④ 전동기 소요 동력 계산

종류	소요 동력	
권상기	$P = \frac{Mv}{6.12\eta}$ [kW]	M : 중량(하중)[ton] v : 권상속도[m/min] η : 효율
양수펌프	$P = \frac{kQH}{6.12\eta}$ [kW]	H : 양정[m] Q : 양수량[m ³ /min] η : 효율 k : 손실계수(여유계수)

전기철도

① 전기철도 용어 정의

- ① 궤간 : 레일과 레일 사이의 거리(표준궤간 : 1,435[mm])
- ② 유간 : 온도 변화에 대응하기 위하여 레일의 이음 부분에 약간의 간격을 두는 것
- ③ 고도(cant) : 곡선부에서 열차의 탈선을 방지하기 위하여 외측 레일을 내측 레일보다 약간 높게 시설하는 것

$$h = \frac{GV^2}{127R} [\text{mm}] \quad \text{여기서, } G : \text{궤간}$$

- ④ 확도(slack) : 궤간을 넓히는 정도 $s = \frac{l^2}{8R}$ [mm]
- ⑤ 구배 : 선로의 구배는 2점 사이의 고저차를 수평거리로 나눈 값으로 1,000분율[%]로 나타낸 값

② 전기철도 시설

방법	목적
흡상 변압기	전자유도 경감
스코트 결선	전압 불평형 방지
변전소 간격 축소	전압 강하 방지

③ 전차의 집전 장치

- ① 팬터그래프
 - 우리나라에서 사용 중인 집전장치
 - 고전압 대용량용
 - 습동판 압력 : 5 ~ 11[kg]

② 뷔겔

- 저전압, 저속도, 소용량에 적용

④ 전식

지중에 매설된 금속이 누설전류의 전기 분해 작용에 의해 부식되는 현상

전식 방지 대책

① 누설전류 감소

- 승압
- 귀선의 전압강하를 감소
- 레일의 절연저항을 크게
- 보조귀선 사용
- 레일 본드 실시
- 귀선은 부극성
- 변전소 간격 축소

② 지하 금속관로의 유입 누설 전류감소

- 배류법 채택
- 해수귀로

전기화학

① 페라데이(Faraday)의 법칙(전기분해의 법칙)

- ① 석출량은 통과한 전기량에 비례
- ② 같은 량의 전극에서 석출된 물질의 양은 그 물질의 화학당량에 비례
- ③ 석출량 : $W = KQ = KIt[g]$

② 1차 전지

일단 방전하면 재사용할 수 없는 전지

- ① 망간 건전지 : 르크랑세 전지 (망간전지), 보통 건전지
- ② 공기 건전지
 - 전압 변동률과 자체방전이 작고 오래 저장할 수 있으며 가볍다.
 - 방전용량이 크고 처음전압은 망간전지에 비하여 약간 낮다.
- ③ 표준 전지 : 웨스턴 카드뮴 전지
- ④ 수은 전지
 - 기전력 1.3[V]로 전압의 안정성이 좋다.
 - 전압강하가 적고 방전용량이 크다.
 - 용도 : 보청기, 휴대용카메라, 휴대용 소형라디오, 휴대용 계산기

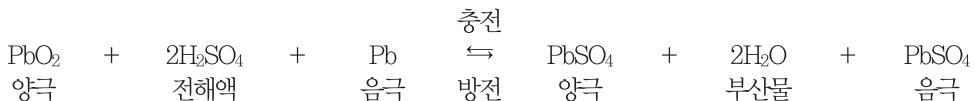
- ⑤ 물리 전지 : 반도체 PN 접합면에 태양 광선을 조사해서 기전력을 얻는 방식

- 태양 전지
 - 원자력 전지

3 2차 전지

방전 후 외부전원으로 충전하면 다시 사용할 수 있는 전지

① 납축전지(연축전지)



- 공칭용량 : 10[Ah]
 - 공칭전압 : 2.0[V/cell]
 - 특징
 - 알칼리 축전지에 비해 충전용량이 크고 셀(cell) 당 공칭전압이 높다.
 - 효율이 좋고 단시간 대전류 공급이 가능하다.

② 알칼리 축전지

- 충전 용량 : 5[Ah]
 - 공칭전압 : 1.2[V/cell]
 - 틀징

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> • 수명이 길다. • 충격, 진동에 강하다. • 급속한 총방전, 높은 방전율에 견디고 다소 용량이 감소하여도 사용 가능 • 보수용이 • 극판의 황산화가 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 가격이 비싸다. • 전력 효율이 낮다. • 기전력이 낮다. • 내부 저항이 커서 변동률이 크다. • 충전완료 시기 판별이 곤란

4 충전 방식

- ① 보통 충전 : 필요한 경우 표준시간율로 소정의 충전을 시행
 - ② 급속 충전 : 비교적 단시간에 보통충전 전류의 2~3배의 전류로 충전
 - ③ 부동 충전 : 축전지의 자기 방전을 보충하는 동시에 상용 부하에 대한 전력공급은 충전기가 부담하고, 충전기가 부담하기 어려운 일시적인 대부하 전류는 축전지가 부담하도록 하는 방식
 - ④ 세류 충전 : 자기 방전량만 항상 충전하는 방식
 - ⑤ 균등 충전 : 각 전해조에 일어나는 전위차를 보정하기 위해 1~3개월 마다 1회 정전압으로 10~12시간 충전하는 방식

반도체 응용

① 사이리스터

- ① 단일방향성 소자
 - 3단자 : SCR, LASCR, GTO
 - 4단자 : SCS
- ② 양방향성 소자
 - 2단자 : DLAC, SSS
 - 4단자 : TRIAC

② SCR

- ① 실리콘 정류 소자 역저지형 단자 실리콘 사이리스터
- ② 부성저항 특성이 없다.
- ③ 동작 최고온도가 가장 높다($200[^\circ\text{C}]$).
- ④ 정류기능의 단일 방향성 3단자 소자
- ⑤ 게이트의 작용 : 통과 전류 제어 작용
- ⑥ 위상 제어, 인버터, 초퍼 등에 사용

③ 기타 소자

- ① 광전자 : 빛에 의해서 기전력을 얻는다. 태양전지
- ② 서미스터 : 부(-)의 온도 계수, 강자성체 사용
- ③ CdS : 광전 변환 소자
- ④ 바리스터 : 과전압에 대한 회로 보호용으로 사용, 서지(Surge) 대책

공사재료

① 전선

- ① 가공 전선의 구비 조건
 - 도전율이 클 것
 - 인장 강도가 클 것
 - 가요성이 클 것
 - 내식성이 클 것
 - 비중(밀도)이 작을 것
- ② 캡타이어 케이블
 - 5심 케이블의 색별 : 흑, 백, 적, 녹, 황
 - 순고무 30[%] 이상을 함유한 고무 혼합물로 피복한다.
 - 광산, 공장 등에 사용