

# 제55회 발송배전기술사 문제 해설 ①

◆ 자료제공 : 서울공과대학원

[☎ 02)676·1113~4]

글/기술사 용인송담대 교수 유상봉

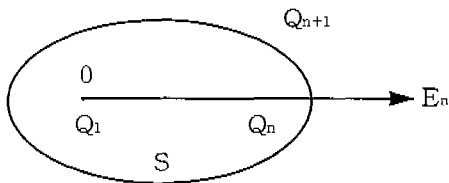
기술사 두원공대 교수 김세동

본 시험정보는 '98. 7. 12 시행한 국가기술자  
격검정 기술사분야에 출제된 1교시~4교시의  
시험문제로서 1교시부터 발췌하여, 게재합니다.

[ 출판과 ]

## 1 교 시

**【문제 1】** 가우스 (Gauss)의 정리를 수식으로 표  
시하시고, 간략히 설명하시오.



$Q_1$ 에서  $Q_n$ 까지의 점 전하는 폐곡면 내에 있고,  
 $Q_{n+1}$  이상의 것은 폐곡면 외에 있다.

폐곡면을 통하여 나간다는 것은 대수적인 의미  
로, 부전하가 있을 경우에는 전력선이 들어오므로  
負로서 취급된다. 이상의 결과를 종합하면

(폐곡면 S를 통하여 나가는 전력선 계수)

$$= \frac{1}{\epsilon_0} \text{ (폐곡면 S내의 전전하)가 된다.}$$

이상의 관계를 Gauss의 定理라 하며, 이 경우의  
폐곡선을 Gauss의 면(Gaussian surface)이라 한다.

① 폐곡면내에 전하가 한 개만이 존재하는 경우

$$\int_s E_n ds = \frac{1}{\epsilon_0} Q$$

② 폐곡면 내에 n개의 전하가 존재하는 경우

$$\int_s E_n ds = \frac{1}{\epsilon_0} \sum Q_i$$

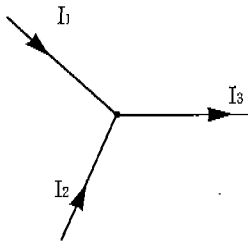
③ 폐곡면내에 전하가 존재하지 않은 경우

$$\int_s E_n ds = 0$$

**【문제 2】** 키르히호프의 제1 및 제2법칙을 수식으  
로 표시하고 회로를 그려 설명하시오.

(1) 키르히호프의 접속점(node)에서 볼 때, 접  
속점에서 흘러들어오는 전류의 합은 흘러 나  
가는 전류의 합과 같다. 즉,

$$\sum \text{유입전류} = \sum \text{유출전류}$$



그림과 같이 접속점에 흘러 들어오는 전류를  $I_1, I_2$ 라 하고, 접속점으로부터 흘러 나가는 전류를  $I_3$ 라 하면, 다음 식이 성립한다.

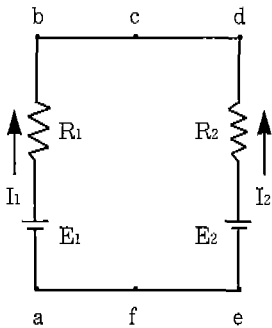
$$I_1 + I_2 = I_3$$

이 식을 변형시켜,

$$I_1 + I_2 + (-I_3) = I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

이러 쓰면 제1법칙은 다음과 같이 바꾸어 말할 수 있다. 즉, 회로망의 임의의 접속점에 흘러 들어오는 전류에 +, 접속점으로부터 흘러 나가는 전류에 -부호를 붙이면, 접속점에 출입하는 전류의 대수합은 0이 된다.

### (2) 키르히호프의 제2법칙



이 법칙은 회로망중의 임의의 폐회로(closed circuit) 내에서 그 폐회로를 따라 한 방향으로 일주하면서 생기는 전압강하의 합은 그 폐회로 내에 포함되어 있는 기전력의 합과 같다. 즉,

$$\sum \text{기전력} = \sum \text{전압강하}$$

단, 좌변과 우변에서 각각 폐회로를 일주하는 방향과 일치하는 방향의 기전력과 전압강하는 +로 하고, 반대 방향인 경우는 -로 한다. 즉,

$$\sum \text{기전력} = E_1 - E_2$$

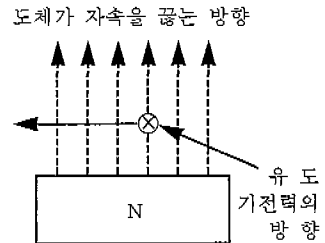
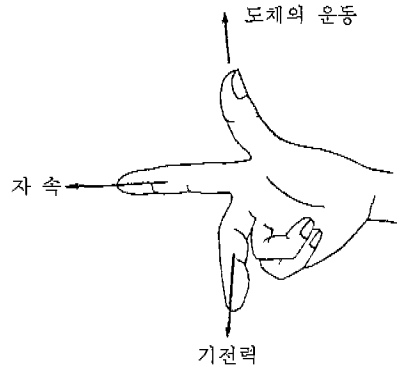
$$\sum \text{전압강하} = R_1 I_1 - R_2 I_2$$

따라서, 다음과 같다.

$$E_1 - E_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2 = 0$$

**【문제 3】** 플레밍의 오른손법칙과 왼손법칙을 설명하고, 전기기기에서의 적용에 대해서 설명하시오.

### (1) 플레밍의 오른손법칙



### ① 개요

도체의 운동에 의한 유도기전력의 방향은 플레밍의 오른손법칙에 따라 결정된다. 즉, 엄지는 도체의 운동방향, 검지를 자속의 방향으로 잡으면 중지는 기전력의 방향을 가리킨다.

### ② 유도기전력의 크기

$$e = Blv [V]$$

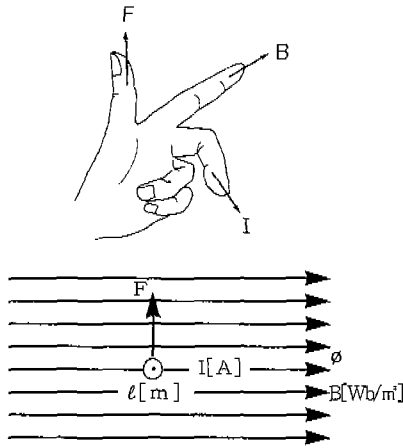
여기서,  $B$ : 자속밀도 [ $wb/m^2$ ],

$v$ : 도체의 운동속도 [ $m/s$ ]

### ③ 전기기기에서의 적용

자기장내에 놓여진 도선이 이동하게 되면, 플레밍의 오른손법칙에 따라 도선에 유도전류가 흐른다는 점에서 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 발전기에 적용한다.

(2) 플레밍의 왼손 법칙



<플레밍의 왼손법칙>

① 개요

전류와 자계간에 작용하는 힘은 플레밍의 왼손법칙에 따라 결정된다. 즉, 중지는 전류, 검지를 자계의 방향으로 잡으면 엄지는 힘의 방향을 가리킨다.

② 전자력의 크기

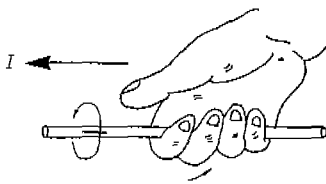
$$F = B l I [N]$$

여기서, B : 자속밀도 [wb/m<sup>2</sup>], I : 전류 [A]

③ 전기기기에의 적용

자기장내에 놓여진 도선에 전류가 흐르면 플레밍의 왼손법칙에 따라 도선에 힘을 받게 되며, 전기에너지를 운동에너지로 변환하는 전동기에서 회전력을 얻게 된다.

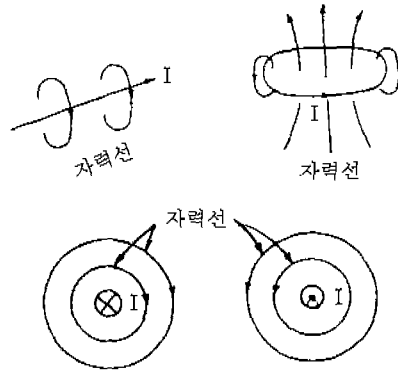
**【문제 4】** 전류와 자기장에 대한 암페어의 오른나사 법칙을 그림을 그려 설명하시오.



<Ampere의 오른손법칙>

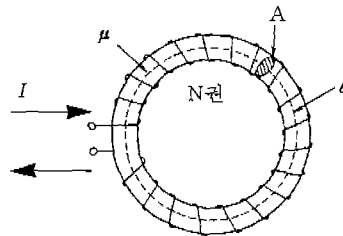
전류에 의한 자계의 방향에 관하여는 암페어의 오른손 법칙으로 간단히 표시된다. 즉, "오른손 주변의 엄지손가락을 새웠을때 엄지손가락 방향으로 전류가 흐른다. 다른 두 개의 손가락이 도는 방향으로 자력선이 생기며, 또는 네 손가락의 방향으로 전류가 흐르면 엄지손가락 방향으로 자력선이 발생한다." 이 관계는 다음과 같이 오른손나사의 법칙으로도 표현할 수 있다. 즉, "전류가 오른손나사의 진행방향으로 흐르면 전계는 그 진행방향으로 생긴다." 이 관계를 표시하였다. 이와 같이 전류와 자력선은 동일평면상에 있지 않으므로 이것을 도시하기 위하여 그림과 같은 표시법을 쓰기도 한다.

즉, 자력선을 도면상에 그리면 전류는 도면과 수직하게 되므로 도체의 단면에 ⊗표와 ⊙표로 각각 들어가고 나오는 전류를 표시하기로 하면 자력선은 전류를 중심으로 하는 동심원을 형성한다.



<전류와 자력선의 방향>

**【문제 5】** 자기회로에서 옴(OHM)의 법칙을 수식으로 그림을 그려 설명하시오.



<환상코일에 의한 자기회로>



그림에서 환상코일의 권선수를 N, 자로의 평균 길이를  $\ell$ [m]로 하여 코일에 전류 I[A]를 흘리면 코일 내부의 자기장은  $H\ell=NI$ 라는 관계식으로부터

$$H = \frac{NI}{\ell} \text{ [AT/m]} \text{가 된다.}$$

이 자기장에 의해서 철심이 자화되어 철심 내부에 발생하는 자속밀도를 B[Wb/m<sup>2</sup>], 투자율을  $\mu$ 라고 하면,  $B=\mu H$ 이므로 철심 내부를 통과하는 전 자속  $\Phi$ 는 철심의 단면적을 A[m<sup>2</sup>]라고 할 때 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \Phi &= BA = \mu HA = \mu \frac{NI}{\ell} A = \frac{NI}{\frac{\ell}{\mu A}} \\ &= \frac{F}{R} \text{ [wb]} = \frac{NI}{R} \text{ [wb]} \end{aligned}$$

여기서,  $R = \frac{\ell}{\mu A} = \frac{NI}{\Phi} \text{ [AT/wb]}$

이런 관계에서 자기회로를 통하는 자속  $\Phi$  [wb]는 NI[AT]에 비례하고 R에 반비례한다. 이런 관계를 자기회로의 옴의 법칙이라고 하고, NI를 기 자력, R을 자기저항이라고 한다.

**[문제 6]** 아래의 R-L-C 직렬회로의 공진주파수를 구하십시오.

R-L-C 회로의 임피던스 Z는

$$Z = R + jX = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) \text{에서 } \omega L = \frac{1}{\omega C} \text{이면}$$

$Z=R$ 이므로 Z의 값이 최소가 되어 I는 최대가 된다.

이러한 상태를 직렬공진이라 하며 이때의 주파수

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ 을 직렬공진 주파수라 한다.}$$

<참고> 병렬공진

Y를 컨덕터의 손실이라 하면 실제로 Y는 대단히 크므로 이를 생략할 수 있는데 이때의 어드미턴스 Y는

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} + j(\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}) \text{ 이 되며,}$$

Y의 허수부가 0이 되는 상태를 병렬공진이라고 하고 이때의 주파수

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}} \text{ 을 병렬공진 주파수라 한다.}$$

**[문제 7]** 차단기의 동작 책무를 설명하십시오.

차단기의 동작책무란 1~2회 이상의 투입, 차단 또는 투입차단을 일정한 시간 간격으로 행해지는 일련의 동작을 말하고, 이것을 기준으로 하여 그 차단기의 차단성능, 투입성능 등을 정한 동작책무를 표준동작책무(standard duty cycle)라 한다.

<표준 동작책무(KSC 4611)>

동력조작	기호 : A	0-(1분)-CO-(3분)-CO
	기호 : B	CO-(15초)-CO

[O : 차단동작, CO : 투입동작에 이어 즉시 차단동작]

위에서 기호 A, B는 고속도가 아닌 재투입시에 사용되며, A가 가장 널리 사용되고 B는 이보다 재투입시간이 짧은 것에 보통 적용된다.

<참고> 전력회사(한전)의 표준규격

<표준 동작책무(ESB 150)>

종 별	동작 책무
일 반 용	CO-(15초)-CO
고속도 재투입용	O-(0.3초)-CO-(3분)-CO

여기에서 7.2kV급 차단기, 전력용 콘덴서용 차단기 및 분로리액터용 차단기의 표준동작책무는 CO-(15초)-CO로 하고, 25.8kV급 이상 차단기의 표준동작책무는 O-(0.3초)-CO-(3분)-CO로 한다.

<표 1> 수동적 차폐와 능동적 차폐

구분	수동적 차폐	능동적 차폐
개념도		
방해원	차폐체의 외부에 있다	차폐체의 내부에 있다
접지	차폐를 위해서는 필요없다	필요하다
2중차폐를 행할 경우	외측 : 동, 내측 : 철	외측 : 철, 내측 : 동

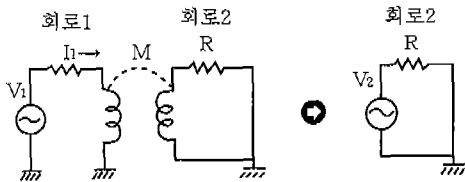
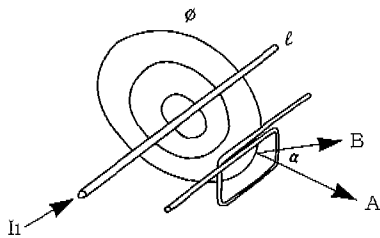
**[문제 8] 전자차폐에 대하여 설명하시오.**

1. 개요

노이즈 발생원인과 노이즈의 영향을 받는 기기를 서로 차단하는 것을 차폐라고 하는데, 차폐방식에는 표 1과 같이 노이즈가 있는 공간에서 노이즈가 없는 공간을 만드는 경우(수동적 차폐)와 노이즈원을 차폐시켜 노이즈가 없는 공간을 만드는 경우(능동적 차폐)의 두가지가 있다.

노이즈 발생원과 기기와의 결합에는 전장(電場)에 의한 정전유도결합과 자장(磁場)에 의한 전자유도결합이 있는데 이것에 대한 차폐특성은 각각 다르다.

2. 전자차폐



<전자결합과 등가회로>

그림은 전자유도현상과 등가회로를 나타낸 것이다. 이것을 방지하기 위해서는 다른 경로를 구성하여 회로 1의 자속을 회로 2에 쇄교하지 않도록 하는 전자차폐를 실시한다.

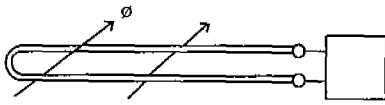
즉, 고투자율의 금속판을 두 회로의 중간에 삽입하면 자속은 공기에 비해서 투자율이 큰 자성재료쪽으로 통과하므로 전자결합이 감소된다. 따라서 외부자속에 영향을 받기 쉬운 기기는 고투자율의 금속케이스를 설치하면 내부로 자속이 침투하는 것을 막을 수 있다.

정전차폐는 얇은 금속제의 케이스만으로도 가능하지만, 전자차폐는 차폐물체의 모양에 의해 좌우된다. 또한 전자차폐 물체의 두께가 두꺼울수록 와전류가 생겨 이것에 의해 반자계(反磁界)가 발생됨으로써 차폐효과가 있게 된다. 이 경우에는 고투자율의 재료가 쓰이지 않고 고도전율(비저항이 낮다)의 동판이나 알루미늄판으로 대상물을 차폐시키는 것이며, 이때 차폐물체를 접지시키면 정전유도의 효과도 함께 나타난다.

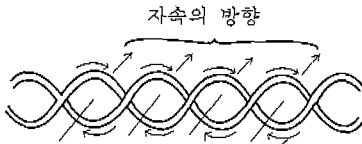
고투자율 재료에 의한 차폐를 자기차폐, 고도전율에 의한 차폐를 전자차폐라고 하는 경우도 있다.

자속과 회로와의 쇄교를 차단함으로써 차폐시키는 방법외에 회로의 면적을 작게함으로써 전자유도를 차폐시키는 방법이 있다.

즉, 그림 (a)와 같은 경우는 도선간의 간격에 의해서 면적이 형성되어 자속이 통과함으로써 전자유도 현상을 일으키게 되지만 그림 (b), (c)와 같이 전선을 꼬아 놓으면 면적이 작아질 뿐만 아니라 유도전압이나 발생된 자속의 극성이 서로 반대 가 되어 전체적인 유도가 감소된다.



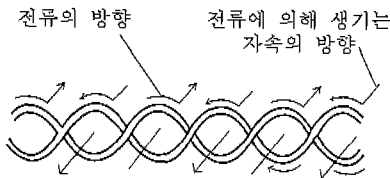
(a)평행인 도선



자속의 방향

유도전압의 방향

(b)유도전압의 상쇄



전류의 방향

전류에 의해 생기는 자속의 방향

(c)복사자계의 상쇄

<꼬임선의 노이즈 저감효과>

흐르게 된다. 이때 접지저항에 의해서 전위가 상승해서 철탑과 전선사이에 섬락이 일어난다.

이를 역섬락이라고 한다. 이 역섬락현상은 뇌전류와 철탑각 접지저항치와의 적에 비례됨으로 역섬락사고를 방지하기 위해서는 접지저항을 경감시켜야 된다. 이 접지저항을 저감시키기 위해서는 지표면에서 30~50[cm]정도 깊이에 2.6[mm]의 직경, 7본의 아연도철연선을 지표면에 따라 포설한다.

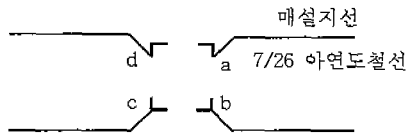
이것을 매설지선(Counter Poise)이라 하며 송전선 절연설계에 매우 중요한 부분을 차지한다.

포설방법은 그림과 같이 탐각당 40[m]정도로 2~4조 포설하는데 그림 (a)와 같이 선로방향과 병행하여 포설하는 평행식과 어떤 각도를 가지고 포설하는 방사형 포설방식이 있다.

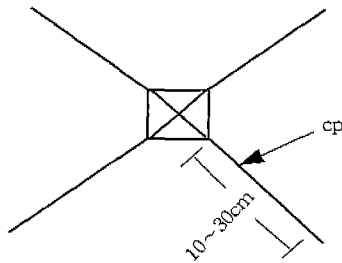
후자가 전자보다 충격과 임피던스가 적기 때문에 대부분 이 방법을 선택하고 있다.

특히, 방사형 포설방법은 산악지와 같이 암반으로 구성되어 목포치의 접지저항을 얻기 어려운 개소에는 매우 효과적으로 평가되고 있다.

**【문제 9】 매설지선에 대하여 설명하시오.**



(a)

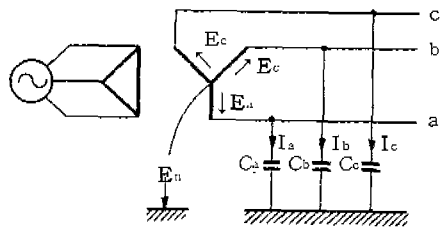


(b)

<매설지선 포설방법>

송전선로에 철탑 혹은 가공지선이 뇌의 직격을 받게 되면 뇌전류가 철탑의 탐각을 통해서 대지로

**【문제 10】 3상 송전선의 잔류전압을 설명하시오.**



<중성점 잔류전압>

3상 대칭 송전선에서는 보통의 운전상태에서 중성점의 전위는 이론대로라면 항상 0으로 되어 있어야 한다. 따라서 이때 중성점을 접지하더라도 중성점으로부터 대지에는 전류가 흐르지 않는다.

그러나 실제의 선로에 있어서는 각 선의 정전용량에 약간씩의 차이가 있기 때문에 그 중성점은 다소의 전위를 가지게 된다. 이 때문에 중성점을

접지하면 보통의 운전상태에서도 다소간의 전류가 흐르게 된다. 이것은 물론 기본주파의 단상 전류인데 이것이 커지면 근접된 통신선에 유도장해를 일으키는 등 나쁜 영향을 미치게 된다.

저항접지 계통에서는 이것이 별 문제가 안되지만 소호리액터 접지 방식에서는 특히 이것이 큰 문제로 된다. 이처럼 보통의 운전상태에서 중성점을 접지하지 않을 경우 중성점에 나타나게 될 전위를 잔류전압(Residual Voltage)이라고 한다.

잔류전압의 발생원인으로는 여러가지가 있겠지만, 그 중 가장 주된 것은 정상상태에서는 송전선의 연가가 불충분해서 3상 각 상의 대지정전용량이 불평형이라는 것과 과도상태에서는 차단기의 개폐가 3상 동시에 이루어지지 않아서 3상간에 불평형상태가 일어나든지, 단선사고 등이 발생한다는 것들이다.

이 잔류전압을  $E_n$ 이라 하고, 또 전원의 기전력  $E_a, E_b, E_c$ 는 대칭 3상 기전력이고, 그 상회전 방향은 a, b, c의 순서로 되어 있다고 한다.

이때  $E_a$ 를 기준 벡터로 잡으면

$$E_n = - \frac{C_a E_a + C_b E_b + C_c E_c}{C_a + C_b + C_c} \text{로 된다.}$$

$E_n$ 의 절대값은 위 식에  $E_a = E, E_b = a^2 E, E_c = a E$ 라 두고 다시 선간전압을  $V = \sqrt{3}E$ 라고 둔다면

$$E_n = \frac{\sqrt{C_a(C_a - C_b) + C_b(C_b - C_c) + C_c(C_c - C_a)}}{C_a + C_b + C_c} \times \frac{V}{\sqrt{3}}$$

로 계산된다.

$C_a = C_b = C_c$ 이면 당연히  $E_n = 0$ 으로 된다.

이 잔류전압은 고조파를 포함한 전압으로서 실측예에 의하면 66kV 계통에서는 50~600V 정도로 상시 나타나서 변동하고 있다.

# 전기 기술사 소방강좌

■ 교육부 지정 교육기관 ■ 노동부 지정 교육기관 ■ 서울시 지정 교육기관

“전기에 관한 한 최고의 명문임을 자부합니다”

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

- ▶ 전기공사기사1, 2급 반
- ▶ 전기기사1, 2급 반
- ▶ 전기공사기능사1, 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 자가빌딩으로 최고의 시설완비
- ▶ 기초부터 상세히 책임지도
- ▶ 최고의 권위를 자랑하는 전임강사진

**발송배전 건축전기 기술사**

**개강** 수요일 10월13일    강의시간 • 수요일 19:00 ~ 22:00  
 일요일 10월11일    • 일요일 10:00 ~ 15:00

• 각 사 진 : 분야별, 과목별로 세분화된 최고의 권위강사진  
 • 각 반별 정원제    • 화원제작 특수교재

- 유상봉 : 국내최대 5종목기술사발송배전 건축전기, 전기안전, 전기용량, 소방설비/현, Y대교수  
 - 김세동 : 기술사/한전, 한국건설기술연구소 수석연구원 역임/현, D대교수  
 - 임철교 : 기술사/경영지도사    - 전명수 : 기술사/경영지도사 외 3인

**실업자 무료교육**

- 모집대상 : 전기공사기사, 전기기사1·2급 및 전기기능사1·2급을 취득하고자 하는 실업자 또는 실직자
- 모집인원 : 000명(전액 국비지원)    ■ 교육기간 : 3~6개월
- 제출서류 : 주민등록등본, 통장 사본(수당 입금용), 사진, 구직표 각 2부
- 특    전 : • 수강료, 교재비, 실습비 등 일체무료
- 교육중 교육수당, 교통비 및 가족수당 지급(전액 국비지원)
- 노동부 전산망용 통한 취업알선 • 노동부인정 수료증 발급

■ 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)