



전기의 유래와 기호 의미②

한국전기안전공사
사고조사부장/전기응용·안전기술사 김만건



목 차

I. 전기의 유래

II. 전기(電氣 : electricity)란

1. 전기의 정체

2. 정전기

3. 전기공학의 기초와 응용

III. 전기의 세계에서 사용하는 단위와 기호의 의미

1. 전류의 기호는 왜 I 인가?

2. 전압과 볼트

3. 저항와 옴

4. 전력과 와트

5. 기전력

6. 인덕턴스

바. 세인트엘모의 불(Saint Elmo's Fire)

뇌운이 접근했을 때 나타나는 옅은 청색(薄青色) 꽃의 그림자(花影)와 빛(光)을 말한 것으로 배의 돛대 끝이나 피뢰침 끝 등의 뾰족한 끝에서 방출되는 코로나방전의 일종인 선단방전현상(先端放電現象)으로 뇌우가 내리고 있는 가까이에서 강한 전기장이 있을 때 나타나는데, 전계(電界)가 더욱 강하게 일어나면 불꽃방전인 낙뢰로 진행된다. 등산하는 산중이나 돛이 없는 배에서 바다 낚시할 때 사람의 몸에 붙어 있는 물체나 손가락에서 온은한 옅은 청색의 불이 발생하면 전기현상인 낙뢰가 일어나려고 하는 징조이므로 될 수 있는 한 신속히 안전한 장소로 대피하고, 돛이 없는 배에서는 낮은 자세를 취해야 한다. 한편, 옛날 지중해 뱃사람들은 세인트엘모의 불이 나타나면 폭풍우의 끝을 알리는 좋은 징조로 여기고 세인트엘모를 그들의 수호성자로 생각하였다.

사. 전선에 앉아 있는 까치나 참새는 왜 감전되지 않을까?

새가 전선에 앉아 있는 것을 보면 한 가닥의 전선에 두 발을 얹고 앉아 있다. 전선에 앉아 있는 까치나 참새가 감전되어 떨어지지 않는 이유는 새가 앉아 있는 전선의 전기 저항은 극히 적어 영(零)에 가깝기 때문에 새의 양쪽 발 사이의 전압도 매우 낮을 수 밖에 없으며, 따라서 새의 몸을 우회해서 흐르는 전류는 극히 적고 그 때문에 감전되지 않는 것이다. 즉, 참새의 양발사이에는 전위차가 거의 없기 때문이다. 반대로 생각

하면, 전선에 앉아 있는 참새가 감전되기 위해서는 참새의 몸에 전류가 흘러야 한다. 그러기 위해서는 전선을 잡고 있는 양발사이에 전위차가 있어야 하는데, 전선은 저항이 극히 작은데다 참새의 보폭은 1~2cm정도이므로, 전선의 저항은 거의 영(零)에 가까워서 참새의 양발 2점간에 전위차가 거의 없으므로 감전되지 않는다. 예컨대, 까치가 22.9kV-Y 배전선로의 강심 알루미늄연선(58mm²) 위에 보폭 5cm정도로 두 발을 엮고 앉아 있고, 그 전선에 약 200A가 흐른다고 가정하면 까치의 양발사이 2점간의 전위차는 전류에 전기저항을 곱하면 구할 수 있으므로 200(A) × 0.497(Ω/km) × 5/100000 ≃ 0.01(V)로 전위차가 거의 없으므로 감전되지 않는다.

2. 정전기

가. 두 종류의 전하(電荷)와 정전현상

종류가 서로 다른 물질을 마찰하면 가벼운 것을 끌어당기게 된다. 이와 같이 주위 물질에 전기적 힘을 미치게 하는 물체를 대전체라 하고, 이들 물체에 전하가 존재한다고 한다. 대전체에 발생한 전하를 검전기(檢電器) 등으로 시험해 보면 전하에는 양전하(陽電荷)와 음전하(陰電荷)의 두 종류가 있다는 것을 알 수 있다. 대전이란 원래 양과 음의 전하가 같은 양씩 존재하며, 서로 상대방의 작용을 상쇄시키고 있는 상태에서 두 종류의 전하로 분리되는 현상이다. 예컨대 A와 B와의 마찰에 의해 A가 전하를 띠면, B에는 A가 띤 전하와 양은 같고 종류가 다른 전하가 나타난다.

나. 전하의 흡인력과 반발력

물체에 발생한 전하는 그 물체가 전기를 통하게 하지 않는 절연체이면 그 분포상태를 바꾸지 않지만, 도체일 경우에는 이동하여 새로운 분포상태로 바뀐다. 이와 같은 상태 가운데서 전하의 분포가 변화 없이 보존되어 있는 상태를 정전기라 하는데, 그것에 의해 일어나는 현상은 다음과 같은 특징이 있다. 이에 대해 전하의 이동을 전류라 하며, 이 경우에는 정전기 현상에서는 볼

수 없는 작용이 나타난다. 2개의 정전하(靜電荷) 사이에는 그 전하가 동종일 경우에는 상호반발력이 작용하고, 다른 종류(異種)일 경우에는 상호인력이 작용하는데, 그 크기는 두 전하량의 곱에 비례하고, 전하 사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 이것을 쿨롱의 법칙이라고 한다. 정전하 사이의 전기력은 전하 주위의 공간에 어떤 종류의 성질이 주어지고, 거기에 있는 다른 전하에 힘을 미치는 것으로도 생각된다. 이와 같은 정전하 주위의 전기력이 작용하는 공간을 전기장이라 하며, 대전체 가까이에 물체를 놓으면 그 대전체 가까운 쪽에는 이와 반대되는 전하가 나타나고, 먼 쪽에는 같은 종류의 전하가 나타나는, 이와 같은 현상을 정전기유도라 한다. 물체가 비교적 가벼울 때는 전기력에 의해 대전체에 끌어당겨지며, 물체가 도체일 경우에는 유도된 한쪽 전하를 접지(接地)함으로써 흘러 버리고 다른 쪽 전하를 도체 속에 축적할 수 있다. 대전체나 전기장에는 전위(電位)라는 것을 생각할 수 있다. 즉 전기장 안의 A에서 B로 양전하가 이동할 때는 일을 얻을 수 있고, 반대로 B에서 A로 양전하를 이동시키기 위해 외부로부터 일을 주지 않으면 안 될 때에는, A가 B보다 전위가 높다. 이것을 A, B 사이의 전위차(電壓)라 한다. 물이 낮은 곳으로 흐르듯이 전위차가 있는 대전체를 도체로 연결하면 +전하는 전위가 낮은 곳으로 흐른다.

다. 정전도장(靜電塗裝: Electrostatic Painting)

정전기(靜電氣)를 이용하여 모양이 복잡한 것이나 넓은 면적에 고르게 도료를 칠하는 방법으로 페인트 등의 도료를 미립자로 하여 음극으로 대전시키고 접지한 금속제의 피도장물(전기·기계부품·철망·완구·문방구 등)로 내뿜으면 안개 모양의 도료 입자는 전기력선을 따라 이동하여, 피도장물의 표면에 강하게 부착한다. 정전도장의 장점은 도료 낭비를 최소화하고, 얼룩이 없는 견고한 막을 형성할 수 있으며, 도료의 건조를 하기 위한 노(爐)를 설치하면 대량생산에 적합하다.

3. 전기공학의 기초와 응용



가. 전기공학(電氣工學: Electrical Engineering)이란?

전기 및 자기에 관한 모든 현상을 탐구하고 그 응용분야를 개척하여 인간사회의 복지향상에 이바지함을 목적으로 하는 학문이다. 전기공학의 본격적인 발전의 시작은 1800~1850년대에 발견된 볼타전지, 에르스테드의 전류의 자기작용, 옴의 법칙, 패러데이(faraday)에 의한 전자유도 작용, 줄에 의한 전류의 열 작용 등에 기반을 두고 있다.

1850~1900년대에는 벨에 의한 전화, 에디슨의 백열전구, 지멘스의 발전기와 전동기 등의 발명, 헤르츠에 의한 전자기파, 마르코니에 의한 무선통신 등의 응용개발이 이루어졌다. 1900~1950년대에는 이들 기초시설의 대형화 및 다양화가 형성됨과 동시에, 진공관의 발견으로 라디오 및 TV의 방송 개시로 정보(情報) 전달에 새로운 계기를 초래하였다.

1950년대 이후부터는 반도체를 이용한 트랜지스터·집적회로(IC·LSI) 및 이들을 이용한 컴퓨터의 출현으로, 전기공학 각 분야의 이론과 응용에의 발달이 동시에 이루어지는 기반이 구축되어 인간생활에 큰 혁신을 가져왔다. 전기공학의 대상 분야를 학문적 체계로 분류하면, 전기자기학·전기회로학의 기초분야, 발전기·전동기 등의 회전기기·변압기·기타 각종 전기기기 기구와 송배전 관계의 제반시설 분야, 조명·기구·전동력 응용분야, 각종 전기기기를 이용한 전기철도와 신호분야, 전열공학·전기화학 분야, 각종 전기장치를 조정하기 위한 자동제어 및 계측분야 등을 들 수 있다. 또한 전기공학에 속하는 전기통신공학에는 유·무선의 각종 전기통신 관계의 회로이론·재료·부품 및 이들을 이용한 각종 측정과 원격제어분야, 전자기파·전파에 관한 이론과 이에 관한 각종 기기 분야, 전파교환에 관한 전신기기와 통신의 기본이 되는 종합정보통신이론 및 통신방식에 관한 분야, 반도체에 관한 이론과 각종 응용기기 및 이들의 응용에 관한 제반 분야, 이상의 각 분야를 종합한 우주탐사 및 자원탐사 등도 전기공학 관련분야이다.

나. 직류

건전지(乾電池)에서의 전류와 같이 항상 일정 방향으로 흐르는 전류를 말하며, 문자 기호로는 DC(Direct Current)로 나타낸다. 직류를 얻으려면 건전지나 축전지가 가장 좋으나, 고전압이나 대전류를 얻으려면 어려워진다. 일반적인 전지 1개에서는 대략 2V의 전압밖에 얻을 수 없으며, 흐를 수 있는 전류도 전지의 용적이 제한됨에 따라 일정 한도가 있다. 따라서 대용량의 직류는 직류발전기를 이용하거나 교류를 정류(整流)하는 방법으로 만드는데, 전기의 이용 측면에서 보면 전지의 충전이나 전기분해의 전원, 전자회로의 전원 등은 직류가 아니면 안 되지만 전열이나 전등은 교류라도 무방하므로, 변압기를 사용하는 송전선이나 배전선 및 회전자기장을 발생시키는 전동기 등은 교류로 사용한다. 전기가 실용화된 초창기에는 직류가 주로 사용되었고, 도시의 배전도 일부에서는, 직류가 사용되었으나 직류에서는 변압기가 사용되지 않아 전압을 쉽게 높이거나 또는 낮출 수 없으므로 단상교류와 3상교류가 실용화됨에 따라 발전·송전·배전은 모두 교류로 이루어지게 되었다. 동력으로서의 전기의 이용에는 직류나 교류도 사용되지만 교류전동기와 달리 직류전동기는 속도조절이 자유롭다는 장점이 있다. 한편 정류기의 발달로 교류에서 직류를 쉽게 만들 수 있으므로 전동기의 전단까지는 교류로 보내고, 전동기는 정류기를 통해 직류전동기를 운전하는 경우도 있다. 직류송전은 리액턴스에 의한 전압강하가 없다는 장점은 있으나 송전전압이 충분히 높지 않으면 경제적인 문제가 있고, 교류고전압을 정류하여 직류로 송전하고 그것을 받는 쪽에서 다시 교류로 바꾸는 기술에 많은 문제가 있다.

다. 교류(交流: Alternating Current)

흐름의 방향이 시간에 따라 주기적으로 변하는 전류나 전압을 말하며, 교번전류(交番電流) 또는 교번전압(交番電壓)이라고도 한다. 대표적인 교류는 사인파의 파형을 가지는 전류나 전압이며, 1개의 파형이 끝나는 시간을 주기(週期: 단위초)라 하고, 주기의 역수인 1초 동안의 파형의

수를 주파수(周波數: 단위 Hz 또는 cycle)라 하며, 파형이 최대가 되는 값을 최대값 또는 진폭(振幅)이라 한다. 파형은 사인과 모양으로 변화하는 사인과 교류와, 그렇지 않은 비(非)사인과 교류, 직류와 같이 왕복 1쌍의 도체로 송전할 수 있는 단상교류(單相交流), 3개 이상의 도체를 사용하지 않으면 송전할 수 없는 다상교류(多相交流), 방향 변화의 주기가 일정한 것과 그렇지 않은 것 등이 있다. 주파수가 높은 교류를 고주파라 하고, 사인과 이외의 파형의 것을 왜형파 교류(歪形波交流)라고 한다. 이 파형은 직류성분과 주파수가 다른 많은 수의 사인과 교류성분의 집합으로 이루어 졌다.

교류를 직류와 비교하면, 변압기를 사용해서 효율적으로 자유롭게 전압을 바꿀 수 있다는 점이 최대의 장점이다. 또 교류용의 전동기·발전기에는 정류(整流)가 필요하지 않고, 전기화학작용이 적으며, 도선(導線)의 부식 등이 잘 일어나지 않는 등의 이점이 있다. 대체로 사용되는 전기에너지의 대부분이 50Hz 또는 60Hz의 사인과 인 3상교류로서 발전되고, 송·배전되어 이용하는 말단에서는 3상 또는 단상교류를 사용하며, 전기철도나 전기화학공업에서는 대부분 직류로 바꾸어서 사용한다.

라. 강전(強電: Starkstromtechnik)

전기공학을 크게 분류하면 강전과 약전(弱電)으로 나눌 수 있다. 강전은 넓은 의미에서 발전·송전·배전과정에서 발전기·변압기·전동기 등을 이용하여 동력과 전열, 전등설비 등에 대규모의 전력을 공급하는 비교적 대전류(大電流)를 사용하는 전기부문을 말하고, 약전은 강전에 대응한 말로 통신·전자·계측분야에서 비교적 소전류(小電流)를 사용하는 전기부문을 말한다. 가전제품 중에도 전동, 냉장고, 세탁기, 전열기 등과 공장의 모터나 산업용 기계 등은 강전에 속하고, 반대로 전신, 전화기, 라디오, 텔레비전, 오디오, 컴퓨터 등은 약전으로 분류한다. 강전과 약전은 전류의 대소(大小)에 의해서 구분하지만, 몇 암페어(ampere) 이상이 강전이고, 몇 암페어 이하가 약전이라는 구분은 명확치 않다. 또한 기

술의 진보와 산업의 발달과 더불어 그 경계선은 점점 명확치 않아지는 경향이 있다.

마. 약전(弱電: Weak Electricity)

강전(強電)에 대응하는 말로 통신용 등에 쓰이는 저전압, 소전류로 다루는 전기공학의 일정부분을 통칭한 것으로 통신공학·전자공학·계측공학 등을 가리킨다. 신호 또는 정보를 취급하는 경우에 필요한 전력은 발전이나 송전에 비하여 훨씬 작으므로 약전이라고 한다.

바. 도체와 부도체

많은 물질 중에는 전기를 잘 흐르게 할 수 있는 성질의 물질이 있는 반면, 통과하기 어려운 것도 있는데, 구리, 은, 알루미늄, 금, 철 등과 같은 금속은 전기를 잘 흐르게 할 수 있으나, 고무나 대리석, 유리 같은 물질은 전기가 잘 통하지 않는다. 전기가 잘 흐르는 물질을 도체라고 하고, 유리나 대리석, 고무, 플라스틱 등과 같이 전기가 통과하기 어려운 물질을 부도체 또는 절연체(絶緣體)라고 한다. 순수한 물은 부도체이나 여기에 염분이나 산, 알칼리 등이 용해되어 있으면 도체가 된다. 예컨대 소금(NaCl)을 물에 녹이면 Na⁺라는 (+)이온과 Cl⁻이라는 (-)이온으로 분해된다. 이와 같은 액체를 전해액(電解液)이라고 하며, 전해액에 전압을 걸면 (+)이온은 음극 쪽으로, (-)이온은 양극쪽으로 이동하게 되어 전류가 흐르게 된다. 기체는 본래 부도체이지만, 아주 높은 전압이 걸리면 절연이 파괴되는 현상이 일어나 전류가 흐르는데, 이런 현상을 기체방전(氣體放電)이라고 하며, 형광등이나 수은등은 바로 이 기체방전을 이용한 것이고, 베타이 떨어지는 것도 절연파괴에 의한 기체방전의 한 현상이다. 도체와 부도체의 차이점은 금속과 같은 도체에서는 원자핵에 구속을 받지 않고 자유로이 움직일 수 있는 자유전자가 많이 있지만, 전체로 보면 모든 방향의 전자기동은 서로 상반되어 전류는 흐르지 않지만, 일단 금속에 전압을 인가하면 자유전자는 (-)극에서 (+)극으로 향하는 힘을 받아서 움직이므로 전류가 흐르게 된다. 하지만 유리나 고무와 같은 부도체에서



는 원자핵과 전자의 결합이 굳게 되어 있어서, 전자는 원자핵으로부터 벗어나지 못해 쉽게 움직일 수 없다. 이 때문에 전류가 흐르기 힘든 것이다.

사. 거짓말탐지기(polygraph)와 전기메스(electric mes)

인간의 자각증세와 심적 변화에 따른 자율신경계의 각종 반응을 이용하여 피의자 진술의 진위성을 판별하는 장치로 호흡이나 피부전기반사 또는 심맥파(혈압)를 동시에 기록하는 다용도기록장치를 거짓말탐지기(polygraph 또는 lie detector)라고 한다. 피부의 전기저항은 여러 가지 조건에 따라 변화하는데, 피부의 표면에는 한선(汗腺)이 있어서 땀이 나는 정도에 따라 저항도 크게 변한다. 일반적으로 피부의 한선세포(汗腺細胞)의 활동은 정신적인 자극에 따라서 변한다. 이 변화를 이용한 것이 바로 거짓말 탐지기(polygraph)의 원리이다. 거짓말 탐지기는 손목과 손바닥에 전극을 부착시켜 여기에 건전지(2~3볼트)와 전류계를 연결하여 전류를 흘리면 수10 마이크로암페어($\mu A=10\sim 6m$)의 전류가 흐른다. 검사 받는 사람에게 여러 가지 정신적인 자극을 주면 피부의 한선세포(汗腺細胞)가 반사적으로 활동하여 피부의 전기저항이 감소해서 전류가 증가한다. 이것을 전기 피부반사, 또는 정신전기현상(精神電氣現象)이라 부르는데, 자극을 준 후 1~2초 내에 반응이 일어나고, 2~3초 후에는 최대에 이르렀다가 서서히 원 상태로 되돌아간다. 이 반사는 미세한 정서의 움직임에 대해서도 민감하게 작용하므로 거짓말을 발견할 수 있다는 것으로 이 장치를 거짓말 탐지기라고 하는 것이다. 이것은 폴리그래프(polygraph)의 하나로, 고의로 거짓말을 하려고 할 때 발각될지도 모른다는 염려 때문에 호흡·피부전기반사·혈압·맥박 등의 신체적 변화가 일어나므로, 폴리그래프(polygraph)는 이와 같은 변화를 기록하게 된다. 호흡은 가슴에 주름고무호스를 감고 흉복부의 변화를 주름고무호스 속의 공기압의 변화로 바꾸고, 또 심맥파는 혈압대를 팔에 감고 그 속에 있는 고무 주머니 안의 공기압의 변화를

기록장치로 유도하여 기록한다. 피부전기반사는 2개의 작은 전극을 정신성 발한(精神性發汗)이 있는 손바닥이나 손가락 끝에 붙여서 그 곳의 전류의 변화를 증폭시켜서 기록장치로 유도하여 기록한다. 거짓말 탐지기는 거짓말을 하였을 때 이외의 생리적 변화도 기록한다. 따라서 거짓말을 발견하는 데에는 복잡한 기술(질문구성, 기록의 분석과 해석 등)이 필요하다. 용의자의 조사에 잘 이용되지만, 만능이라고 할 수는 없다. 심장이 강한 사람이나 정신이상자에게는 잘 통용되지 않는다고 한다. 이런 종류의 기계는 의학·생리학·심리학 등의 실험도구로서 사용되고 있으나 회사·공장·은행 등의 입사시험, 직장 내에서의 부정 발견 등에도 많이 이용되고 있으며 미국에서 가장 많이 이용하고 있다. 한편 한의학에서는 침이 자주 이용되는데, 최근에는 이 침에도 전기를 부착시켜 쓰는 수가 있다. 즉 침을 꽂은 후 약한 전류를 흘리면 치료의 효과가 높아진다. 이것은 전류가 신경이나 근육을 자극하기 때문이라고 생각되며, 수술할 때 마취제를 이용하지 않고, 침으로 마취하는 경우도 있는데, 이 경우 마취제는 일체 사용하지 않지만, 인체에 꽂은 침에 전류를 흘리면 절개하는 부분의 신경이 마비되어 버리기 때문에 메스로 근육을 절개해도 환자는 조금도 통증을 느끼지 못한다. 침 마취의 장점은 큰 수술에서도 보통의 마취처럼 전신마취를 할 필요가 없으며, 따라서 수술중 환자와 이야기도 나눌 수 있다는 것이다. 수술할 때, 사용하는 전기메스는 주파수가 1~3메가헤르츠, 전압은 800~1500볼트의 고주파 전압을 바늘이나 칼 모양의 전극(電極)에 가한 것이다. 이 전기메스에 의한 절개는 전극의 끝에서 고주파 전류에 의해 유전체 발열이 일어나 이것에 의해 조직 내에 발생한 기체가 폭발하는 작용에 의한 것이다. 또 절개된 부분의 단백질이 열 때문에 굳어져서 출혈을 방지한다. 매초 1cm 정도의 속도로 움직이면 뼈까지 끊어진다. 출혈이 많은 곳이나 뇌, 간장 등 출혈이 있어서는 안 되는 부위의 수술에 이용된다.

다음호에 계속됩니다