

1. 전기의 이해

1.1. 전기의 역사

전기의 존재를 처음 발견한 사람인 고대 그리스 철학자 탈레스(Thales, BC 624~545)는 보석의 일종인 호박(Elektron)에 광택을 내기 위해 명주 또는 모피로 문질러 마찰을 일으킬 때, 작은 실 조각 등이 달라 붙는 현상을 처음으로 확인하고 기록하였습니다. 이러한 현상을 오늘 날에는 "정전기 유도"라고 부르나, 당시 그리스 사람들은 이를 신비하게만 여기고, 호박 속에 영혼이 깃들어 있기 때문에 물질을 잡아당기는 것이라고만 생각하였습니다. 이를 2,000년이 지난 뒤 영국의 과학자 길버트(William Gilbert, 1540~1630)가 처음으로 정전기를 과학적인 연구 대상으로 간주하였고, 그리스어의 호박에서 어원을 따서 "전기(Electricity)"라는 이름을 붙였습니다.

이러한 전기의 정체를 처음으로 발견한 사람은 영국의 물리학자 톰슨(Joseph John Thomson, 1856~1940)입니다. 그는 전기는 극히 작은 입자이며, "음극선 실험"과 "톰슨의 원자 모형"을 통하여 음의 전하를 띤 작은 입자를 전자(Electron)라고 명명하였습니다.

1.2. 물질의 구조

모든 물질은 전자로 구성되어 있으며, 물질을 형성하고 있는 원소는 100여개 정도 알려져 있고, 각각 고유의 원자 구조를 가지고 있습니다. 이러한 물질의 원자핵은 양전기를 가진 양자(Proton)와 전기를 가지지 않은 중성자(Neutron)로 구성되어 있습니다. 정상 상태에서 양자의 수는 전자의 수와 동일하며 양자 1개가 가지는 전기의 절대량은 전자 1개의 절대량과 같고, 원자는 전체적으로 전기적으로는 중성입니다. 전자의 질량은 9.10955×10^{-31} [kg]이고 양자의 질량은 전자의 약 1,840배가 되는 1.67261×10^{-27} [kg]이며, 중성자의 질량은 양자와 거의 같습니다. 원자의 최외각 전자는 궤도를 이탈하여 자유롭게 되는데, 이와 같은 전자를 자유전자(Free electron)라 하며, 도체에 전기가 흐르고 반도체가 작용하는 것이나 물체가 전기를 띠는 것은 이러한 자유전자의 증감에 의한 것입니다. 이와 같이 자유전자가 많은 도전체를 도체(Conductor), 원자로부터 자유전자를 분리시키기 어려운 물질을 부도체(Nonconductor), 혹은 절연체(Insulator)라 합니다.

1.3. 전기의 발생

2개의 유리 막대를 명주에 마찰한 후 가까이 놓으면 반발력이 생기고, 모피에 마찰한 고무막대를 유리막대에 가까이 놓으면 흡입력이 생기는 전기적 현상이 생기는데 이런 현상을 대전(Electrification) 되었다고 합니다. 유리막대에는 양(+)전기(Positive electricity), 고무막대에는 음(-)전기(Negative electricity)가 흘러 전기를 띠고 있는 물체를 대전체(Electrified body)라 하고, 일반적으로 대전이란 어떤 물질이 전자의 과부족으로 전기를 띠는 것을 말합니다.

1.4. 전류 (Current)

전선 중의 자유 전자는 음(-)의 전하로 전지의 양(+)극으로 끌려가고, 전지의 음극에서는 음 전하가 계속 공급되어 전자의 흐름이 계속 되는데 이 전자의 흐름을 전류라 하며, 이와 같이 흐르는 전기를 동전기라 합니다. 전류는 음에서 양쪽으로 흐르나, 그 방향은 반대로 양에서 음으로 흐른다고 가정하며 전류의 크기는 어떤 단면적을 1초에 $6.242 \times 1,018$ 개의 전자가 통과할 때 이를 전하의 흐름, 혹은 전류 1 암페어(Ampere; [A])라 합니다.

따라서 t초간에 Q[C]의 전하가 이동하였을 시의 전류 I는

$$I = \frac{Q}{t} [A] \text{ 또는 } Q = It [C] \text{ 입니다.}$$

이 식은 동일한 시간 간격으로 전선을 통과하는 전하의 양이 클수록 전류의 양이 증가함을 나타내며, 시간적 변화율이 일정하지 않을 때는 각 순간의 전류를 생각해야 하며, 미소시간 dt초 간에 이동한 전하를 dq쿨롱이라 하면, 이때의 전류 i는

$$i = \frac{dq}{dt} [A] \text{ 또는 } q = \int i dt [C] \text{ 입니다.}$$

1.5. 전류의 분류

1) 직류 (直流, Direct Current; DC)

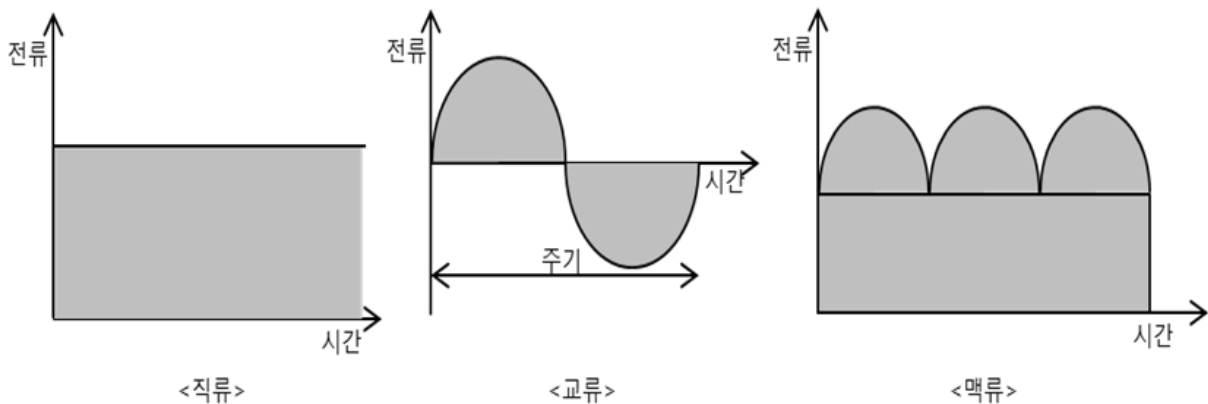
연속적으로 항상 일정한 방향으로만 흐르면서 세기가 일정한 전류를 직류라고 부릅니다. 예를 들어 자동차 축전지의 전류는 직류이며 자동차의 각종 전기, 전자기기에 사용되기도 합니다.

2) 교류 (交流, Alternating Current; AC)

시간에 따라 크기와 방향이 주기적으로 변하는 전류를 교류라고 부릅니다. 예를 들면 국내에서는 한국전력에서 공급해주는 상용 전원에서 발생하는 전류는 교류이며, 가전 제품 등의 전원 공급을 위하여 많이 사용하고 있습니다.

3) 맥류 (脈流, Pulsating Current; PC)

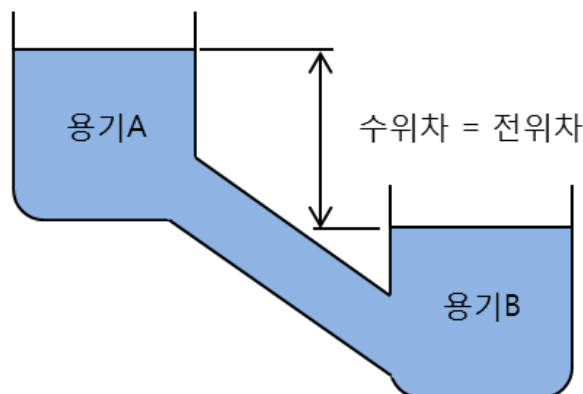
흐르는 방향은 일정하나 주기적으로(혹은 단시간 동안) 그 크기가 수시로 변화하는 전류를 맥류라고 부릅니다. 교류 성분을 포함한 직류 전류를 말하며, 일반적으로 교류를 정류하는 과정에서 많이 나타납니다.



1.6. 전압 (Voltage)

회로 내에 어떠한 전기적인 압력이 가해지면 전류가 흐르게 되는데, 이 전기적인 압력을 전압(Voltage)이라고 하며, 이 전류를 연속해서 흐르게 하기 위하여 전압을 연속적으로 만들어 주는 힘을 기전력(Electromotive force)이라 하고, 기전력을 발생시키는 것을 전원이라 합니다. 또한 전압은 전기의 시작점인 양극에서 최대 값을 가지며, 전기의 통로를 따라서 감소하다가 음극에서 최소의 값이 되며, 통로의 임의의 점에서의 전압의 값을 그 점의 전위(Electric potential)라 하며, 두 점간의 전위의 차를 전위차(Electric potential difference)라 하며, 그 크기의 단위는 모두 똑같은 볼트(Volt ; [V])를 사용합니다.

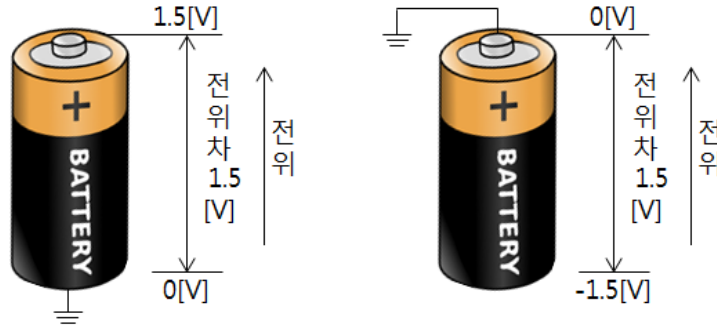
아래에는 전압에 대하여 쉽게 이해 할 수 있도록 그림으로 표현하였습니다. 두 용기의 수위 차에 의해 용기A에서 용기B로 물이 흐르듯이 전기적인 흐름도 두 지점의 전위차가 존재하여 전기가 흐를 수 있습니다.



1.7. 전위차

일반적으로 볼 수 있는 건전지를 통하여 전위차를 설명할 수 있습니다. 건전지의 음극을 0 전위로 하면 양극은 1.5[V], 양극을 0 전위로 하면 음극의 전위는 -1.5[V]인데 이때의 기준은 대지를 기준 접지(earth)로 표시하며, 전압 1볼트는 1쿨롱의 전하가 두 점간을 이동할 때 얻는 또는 잃는 에너지가 1 줄(joule ; [J])일 때의 전위차입니다. 따라서 Q[C]의 전하는 전위 차가 일정한 두 점간에서 얻거나 잃는 에너지가 W[J]일 때 두 점간의 전위 차 V는

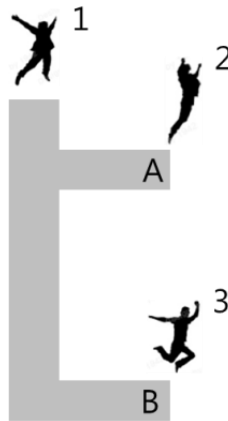
$$V = \frac{W}{Q} [V] \quad \text{또는} \quad W = VQ[J] \quad \text{입니다}$$



다른 방식으로 전위차에 대하여 설명할 수 있습니다.

아래 그림으로 전위의 개념을 쉽게 이해 할 수 있습니다. 1, 2, 3 세 사람이 1은 A로, 2는 B로 3은 B로 떨어진다고 가정을 한다면 2번이 가장 큰 충격을 받을 것입니다. 1번과 3번은 초과상에 머물 것이고 아마도 2번은 안타깝게도 사망을 하겠죠? 전위는 시간에 따라 변하지 않는 전기장에서 단위 전하로 그림에서는 사람이 가지는 위치에너지를 볼 수 있습니다. 전위차는 상대적인 개념으로 전기 또는 전자 회로에 있는 두 지점 간 전위의 차이입니다. 전위차로 전기가 흐르게 되고 이를 기전력 또는 전압이라고도 합니다.

그림의 B에서 1번까지의 전위차가 100V, A에서 B까지 걸리는 전위차가 80V라고 가정한다면 1번에서 A까지의 전위차는 20V가 걸리게 되는 것으로 볼 수 있습니다. 다시 말해서 Base 전위를 어디로 잡느냐에 따라서 전위차는 변할 수 있습니다.



1.8. 저항 (Resistance)

어떤 물체를 통하여 전하가 이동을 할 때는 항상 역학계에서의 마찰력과 비슷한 저항을 받습니다. 이 저항은 전자와 전자간이나 물질내의 다른 원자와의 충돌 때문에 생기게 됩니다. 이러한 저항은 전기 에너지를 열에너지로 변화되는 비율로서, 물질의 저항이라고도 부릅니다.

저항의 표시는 \sim 로 표기 할 수 있으며, 기호는 R, 단위는 Ω (ohm)입니다.

이것은 두 단자간의 전압이 단자간을 흐르는 전류에 비례하는 소자이며, 이 비례계수를 저항(Resistance)이라고 합니다. 이 소자는 회로 내에서 열로 소비되는 전기적 에너지와 관계가 있습니다. 즉 저항 값을 Resistance라 합니다. 옴의 법칙에서 $V = IR [V]$, 즉 전압 V와 전류 I를 비례($V \propto I$) 할 때의 비례계수를 저항 R 이라고 합니다.

한 물질에서 단면적의 저항은 물질(Material), 길이(Length), 단면적(Cross-section area), 온도(Temperature)의 4가지 요소에 의해서

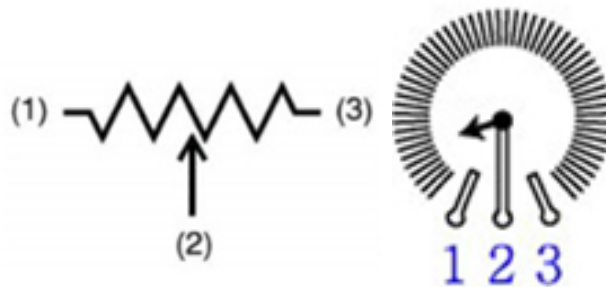
정해집니다. 또한 일정한 구조를 가진 물질에서도 그 위치에 의해서 서로 다른 성질을 나타내므로 전류의 흐름은 각각 다르게 나타납니다. 또한 일정한 구조를 가진 물질에서도 그 위치에 의해서 서로 다른 성질을 나타내므로 전류의 흐름은 각각 다르게 나타납니다. 일반적인 상식으로 전하의 통로가 길면 길수록 저항이 크고 통로의 단면적이 넓을수록 저항이 적어집니다. 그러므로 저항은 길이에 비례하고 단면적에 반비례합니다.



1.9. 가변저항

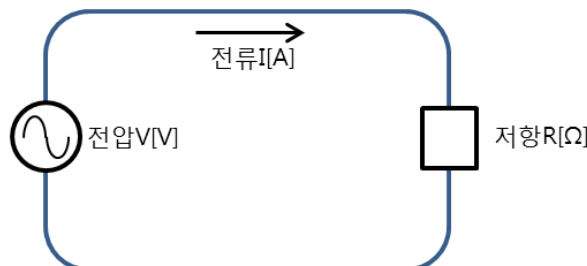
가변저항이란 사용자가 직접 저항 값을 임의로 바꿀 수 있는 저항기를 말합니다. 흔히 소리의 크기를 말하거나 조절하는 손잡이를 볼륨이라고 부르는데, 전력전자 분야에서는 가변저항을 볼륨이라고 부르기도 합니다.

가변저항은 위의 그림과 같이 1번 단자와 3번 단자에 걸쳐 전체 저항이 연결되어 있고, 그 위에 2번 단자와 연결된 스위퍼(sweeper)의 위치에 따라, 저항 값이 변하게 합니다. 가변저항의 노브를 돌리면 1번 단자와 2번 단자 사이의 저항과, 2번 단자와 3번 단자 사이의 저항 값이 각각의 길이에 비례하여 변하게 됩니다. 스위퍼의 위치에 따라 2번과 3번의 저항 값이 변하면, 스위퍼에 연결된 2번단자에 걸리는 전압도 변하게 됩니다. 즉, 양쪽 저항의 크기에 따라 전압분배가 이루어지는 것입니다.



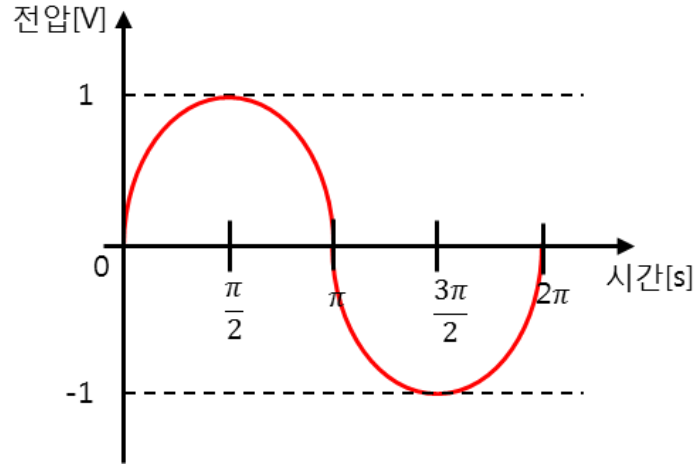
1.10. 정현파와 주파수

교류전압에도 다양한 종류가 있지만 가장 기본적이고 친밀한 교류전압은 정현파 교류전압입니다. 정현파란 삼각함수에 나오는 함수의 파형에서 sin(사인), cos(코사인), tan(탄젠트) 중 sin함수의 파형을 말하는 것입니다. 일반적으로 교류회로는 아래와 같이 표현할 수 있습니다.



인버터 이론

정현파 교류전압의 파형은 아래와 다음과 같은 형태를 갖습니다.

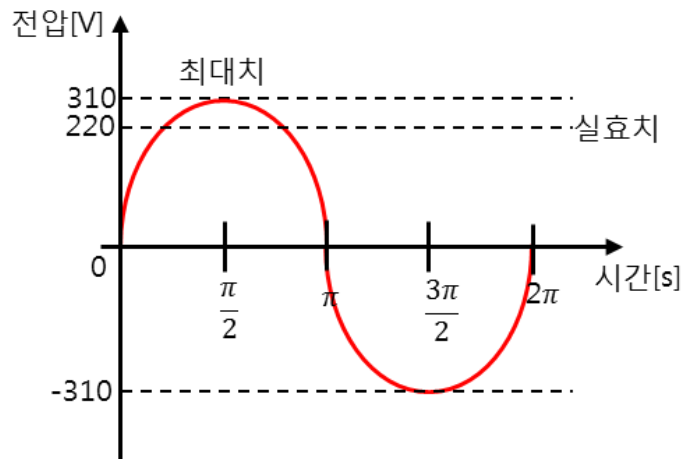


위의 파형에서 최대값은 파형의 상단(정점)입니다. 최대값은 전압이 최대가 되는 값입니다. 위의 파형을 기준으로 1[V]가 최대값이 됩니다.

다음은 실효값을 구해보도록 해봅시다. 어떤 파형의 실효값이란, 순시값의 제곱을 1주기 간격으로 평균한 값의 평방근을 말합니다. 정현파에서는 최대값의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 입니다. 그러므로 위 파형의 실효값은 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ [V]입니다. 실효값을 다른 말로는 rms값(root-mean-square)이라고도 부릅니다.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sin^2 t dt} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{1 - \cos 2t}{2} dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (1 - \cos 2t) dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} (\pi - \frac{\sin 2\pi}{2} - 0 + \frac{\sin 0}{2})} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

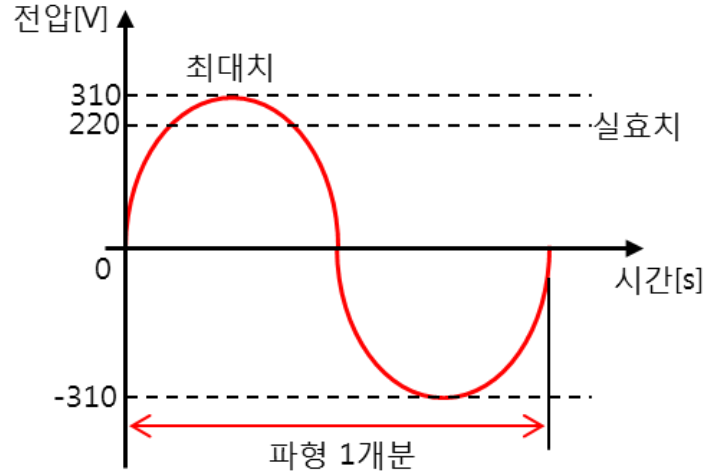
정현파 교류 전압 전원은 주변에서 쉽게 찾을 수 있습니다. 콘센트에도 있고 전자제품 등에도 사용이 되고 있습니다. 국내 가정에서 사용하는 콘센트의 전압은 220[V]입니다. 이 220[V]는 교류전압의 실효치를 의미하는 것입니다. 그러면 콘센트의 최대값은 $220 \times \sqrt{2} = 310[V]$ 가 됩니다. 여기까지 알면 콘센트의 전압파형은 다음과 같이 된다는 것을 알 수 있습니다.



인버터 이론

파형을 생각할 때, '주파수'와 '주기'라는 것이 있습니다. 이 '주파수'와 '주기'는 파형의 가로축(시간)의 값을 주는 것입니다. 주파수는 초당 파형을 몇 번 반복 하는 것인가를 나타내는 값으로 단위는 [Hz]라고 쓰고 "헤르츠"라고 읽습니다.

예를 들어, 스마트폰, 무선 등 전파의 주파수 콘센트의 전원 주파수, CPU 속도 등의 단위로 사용되고 있습니다. 한국의 가정용 콘센트는 60[Hz]를 사용합니다. 그래서 주파수는 "초당 파형이 몇 번 반복?" 이라는 것입니다만 이것을 파형으로 생각해보면 아래의 파형과 같습니다.



그래서 한국전력공사에서 공급하는 전원의 주파수는 60Hz이며, 이는 위의 전압 파형이 1초에 60번 반복되는 것을 말합니다.

주기는 파형 1개분의 길이를 시간으로 나타낸 것입니다. 그럼 콘센트의 주파수가 60[Hz]의 경우의 주기는 1개분의 파형이 60번 반복하면 1초가 되는 것이므로 60[Hz]의 주기=1[s]÷60[Hz]=0.0167[s]가 됩니다.

$$f = \frac{1}{T} [\text{Hz}], \quad T = \frac{1}{f} [\text{s}]$$

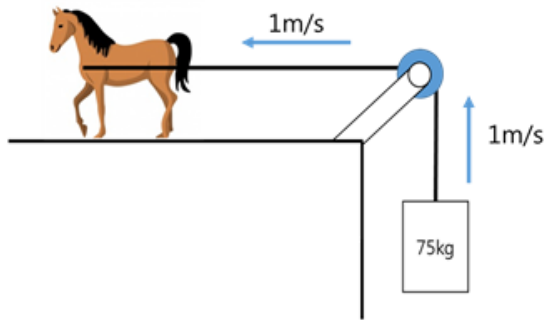
1.11. 전력(Electric Power)와 마력(Horse Power)

단위 시간에 전력량의 소비 비율이나 일의 양을 정량적으로 나타내는데 이것을 전력이라 하며, 단위는 와트(Watt : W)이고, 1[W]는 1초간에 주고 받는 에너지가 1[J] 일 때의 전력입니다. 따라서 에너지가 주고 받는 시간적인 비율이 일정할 때의 전력 P는

$$P = \frac{W}{t} [W] \text{ or } W = VQ \text{이고,}$$

$$I = \frac{Q}{t} \text{ 이므로 } P = VI [W] \text{ 또는 } W = Pt = VIt [J] \text{ 이 됩니다.}$$

마력이란 말 그대로 말이 짐마차를 끄는 힘입니다. 힘을 표현하는 단위가 없던 과거에 kg법을 사용하는 유럽에서 말 한 마리가 75kg의 짐을 드는 것을 보고 아이디어를 얻어 만들어낸 힘의 단위는 '마력[PS]'이고, lb법을 사용하던 영국에서 말 한 마리가 550lb의 짐을 드는 것을 보고 만들어낸 힘의 단위가 '마력[HP]'입니다. 그래서 아래의 표와 같이 1마력[HP]은 76.04kg·m/s로 나타낼 수 있으며, 1kW는 약 102kg·m/s이므로 1마력은 0.745kW로 환산을 할 수 있습니다.



kW	Kg·m/s	PS	HP	lb·ft/s
1	101.97	1.36	1.341	737.4
9.807×10^{-3}	1	1.333×10^{-3}	1.315×10^{-3}	7.232
0.7355	75.0	1	1.56×10^{-3}	542.4
0.7457	76.04	1.014	1	550.0
1.356×10^{-3}	0.1383	1.844×10^{-3}	1.820×10^{-3}	1

< 표 1 > SI단위 환산표

1W의 전력으로 1시간 일을 했다면 전력량은 1[Wh], 전기에너지로 환산하면 3600[J], 열량으로 환산을 하면 860[cal]가 됩니다. 즉 1kWh는 러닝머신을 한 시간 동안 12km정도 뛰어서 태운 열량과 비슷하다고 생각하시면 됩니다. 전기 또한 에너지의 일종이므로 당연히 단위도 같은 [J]로 해야 하나, 전기에너지의 경우 초 단위의 계산법인 [J] 단위를 일상에서 쓰면 너무 숫자가 커지게 되므로 시[h]단위로 계산하는 전력량이라는 개념을 만들어 사용하게 되었습니다. (1[Wh] = 3600[J] = 860[cal])

아래의 표는 우리가 실생활에서 많이 쓰고 있는 가전제품의 전력량에 대하여 정리한 것입니다.

품명	소비전력 [W]	정격전압 [V]	정격전류 [A]	사용시간	사용일	사용량 [KWH]
TV	120	220	0.55	6	30	21.6
냉장고	100	220	0.45	24	30	72
전자레인지	1250	220	5.68	0.1	30	3.75
에어컨	1300	220	5.91	3	30	117

2. 모터의 이해

2.1. 모터 (Electric Motor)

모터는 전기 에너지를 동력 에너지로 바꾸는 기기를 말하며, 한자어로 전동기(電動機)라고 부릅니다. 상용 전원으로부터 전력을 기기의 입력으로 받아, 기계적인 동력(動力)을 만들어서 출력하는 회전기기입니다. 회전기이라 부르는 이유는 기계적인 동력을 축의 회전으로 나타내기때 그렇습니다. 일부 리니어 모터(Linear Motor)와 같이 직선 운동을 하는 모터도 있으나, 대부분의 모터는 회전 운동을 하는 회전 기기에 해당 합니다. 최근에는 드라이브(Drive)와 서보(Servo)와 같은 제어 기기를 이용하여 모터의 속도나 토크를 제어할 수 있습니다.

2.2. 모터의 발명과 발전 추세

모터의 개발은 패러데이(Michael Faraday)에 의한 전자기 유도(Electromagnetic Induction)현상의 발견이 계기가 되었습니다. 1831년에 M. Faraday와 J. Henry가 각각 모터의 기본 원리를 구현하는 실험에 최초로 성공하였습니다. 이후 1834년에 M. Jacobi가 DC 모터(DC Motor, 직류 전동기)를 발명하였는데, 이는 기본적인 토크 발생 원리에 매우 충실한 모범적인 모터입니다. 1888년 Nikola Tesla가 유도 모터(Induction Motor, 유도 전동기), 동기 모터(Synchronous Motor, 동기 전동기) 등의 AC 모터(AC Motor, 교류 전동기)를 개발하여 특허를 취득하였고, 이후 1895년까지 3상 교류 전원의 개발 등의 발전 과정을 거쳐 1896년에 비로소 상업적으로 사용되기 시작하였습니다.

모터를 향상시켜온 발전 과정을 보면 개발 초기부터 1970년대 초까지는 주로 소형화, 경량화, 저가화 위주로 개선되었습니다. 모터 제작에 사용되는 자성 재료나 절연 재료의 발전이 이러한 개선에 큰 역할을 하였는데, 그 결과 현재 100마력(HP)의 유도 모터의 크기는 1897년 7.5마력과 비슷하다고 합니다.

1973년에 발생한 석유 파동으로 인하여 국제 원유 가격 상승의 영향으로 전기 에너지의 절약 문제가 중요시되어, 그 이후로부터는 모터의 외형적 발전보다는 효율 향상에 초점을 두었고, 현재까지 고효율화를 위한 노력을 계속하고 있습니다. 최근에는 에너지 절약에 의한 지구 환경 보존을 위해 전 세계적으로 에너지 소비가 많은 모터 구동 시스템의 고효율화에도 관심이 높아지고 있습니다.

과거에는 속도와 토크 제어의 용이성으로 인하여 DC모터가 가변속 구동이 필요한 용도에 많이 이용되었으나, 최근 전력전자 기술을 통한 주파수 가변을 통한 유도 모터, 동기 모터와 같은 AC모터가 폭 넓게 활용되고 있습니다. 초기의 모터들은 모두 계자 권선을 통하여 필요한 계자 자속을 권선에 전류를 흐르게 하여 얻어 구동하는 방식이었으나, 최근 기술 및 원재료의 발전으로 영구 자석을 이용한 모터가 많아지고 있습니다. 자속을 얻는데 영구 자속을 이용할 경우, 계자 권선을 없앨 수 있고 계자 권선에 의한 손실을 제거할 수 있어 소형화, 고효율화가 가능한 장점이 있습니다.

2.3. 전력용 반도체와 전자 회로 기술의 발전

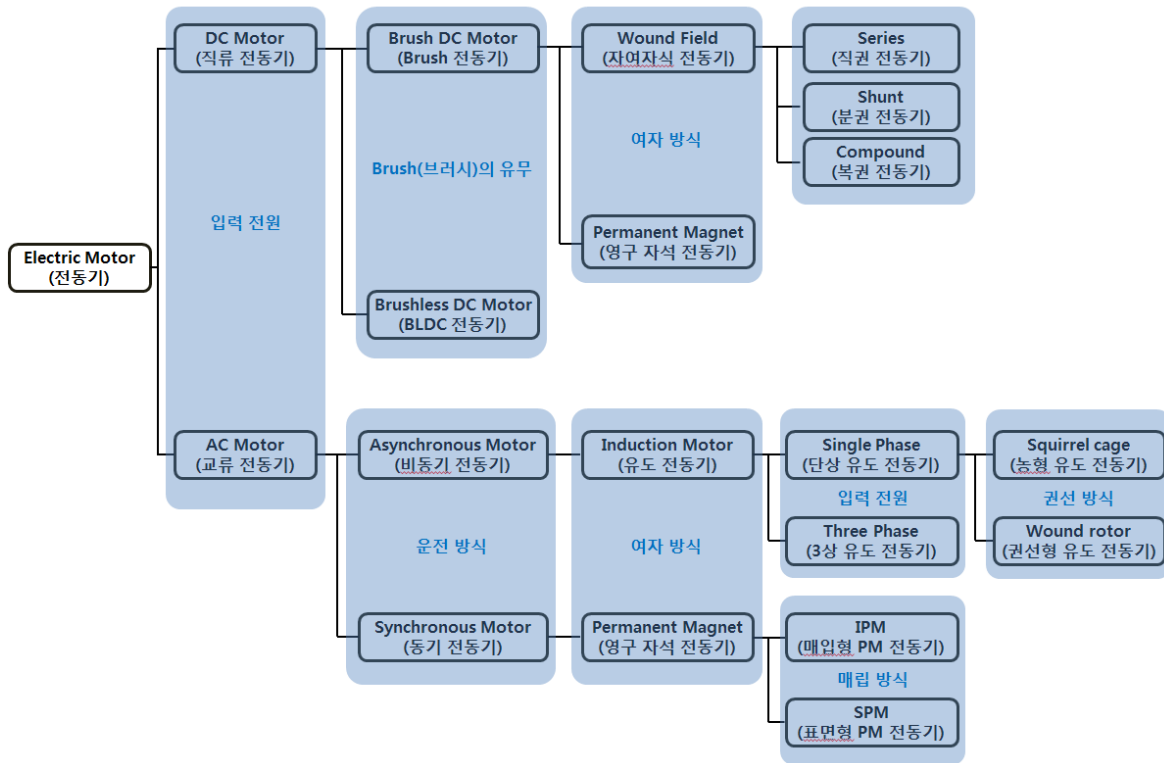
이러한 모터의 발전과 더불어 모터의 구동 방법에도 많은 발전이 이루어졌습니다. 대표적으로 1960년대부터 등장한 전력용 스위칭 반도체 소자를 이용한 전력 변환 기술이 있습니다. 반도체를 이용하여 전력을 제어하는 전력전자 공학이 시작된 이래 전력용 반도체의 발전은 전력전자 공학의 견인차 구실을 하였고, 전력용 반도체의 비약적인 성능 향상과 함께 전력전자 기술 역시 혁신적인 발전을 계속하고 있습니다. 초기 Thyristor를 시작으로 GTO(Gate Turn-Off Thyristor), Transistor, BJT(Bipolar Junction Transistor)를 거쳐 현재는 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)를 활용하여 대용량, 고속, 고효율의 동작 스위칭이 가능하고 다양한 형태의 전력을 모터에 공급할 수 있게 되었습니다. 이와 더불어 저가의 DSP(Digital Signal Processor)나 고성능 마이크로 컨트롤러(Micro Controller)의 사용이 가능해져 고급 제어 기법들의 적용이 수월해지면서 모터 구동 시스템의 고성능화도 가능해졌습니다.

2.4. 모터의 장점

- 1) 모터는 다양한 형태로 제작될 수 있어, 기계적 구동을 필요로 하는 곳에 손쉽게 사용될 수 있습니다.
- 2) 다양한 외부 환경에 쉽게 적용할 수 있으며, 배기 가스가 없고 소음 등이 내연 기관에 비해 적습니다. 또한 내연 기관, 가스 터빈에 비해 그 반응 속도가 빠릅니다.
- 3) 여타 구동 장치에 비해 운전 효율이 좋고, 무부하시 손실이 적습니다.
- 4) 회전력과 속도를 손쉽게 변화시킬 수 있습니다.
- 5) 회전력을 회전 방향에 관계없이 제어할 수 있어, 효율적인 기동과 구동을 할 수 있습니다.
- 6) 입력이 전기 에너지이므로 상위 정보 처리 시스템과 쉽게 연결할 수 있습니다.

2.5. 모터의 분류

모터를 분류하는 기준은 여러 가지가 있으나, 모터에 입력하는 전원 사양에 따라 DC모터와 AC모터 나눌 수 있으며, 이후 동작 원리와 제작 방식에 따라 아래와 같이 구분하였습니다.



DC 모터는 DC 직류 전원을 사용하는 모터로서, 속도 제어가 쉽고, 그 제어 범위가 넓다는 장점으로 인하여 가변속 구동 또는 가변 토크 제어에 가장 많이 사용 되었습니다. 허나 동작상 요구되는 정류자와 브러시의 마찰(섬락 현상)으로 인해 고속 운전에 부적합하고, 부품에 대한 정기적인 유지 보수가 필요하다는 단점을 가지고 있습니다. 이에 최근에는 전력전자 기술의 발전으로 DC모터를 AC모터로 대체하여 사용하고 있습니다. DC모터의 대표적인 제어 장치로는 DC Drive가 있습니다.

AC 모터는 AC 교류 전원을 사용하는 모터로서, 고정자 3상 권선에 교류 전류를 흘려 생성된 회전자계와 회전자 전자석과의 작용으로 토크가 발생되며 회전합니다. AC 모터는 운전 방식과 구성에 따라 유도 모터(Induction Motor)와 동기 모터(Synchronous Motor)로 나뉩니다.

유도 모터는 3상 교류 전원을 통하여 전자석을 만드는 방식으로 브러시가 필요 없으며, 튼튼하며, 가격이 낮고, 구조적으로 단순하여 제작이 용이하다는 장점을 가지고 있어 현재 가장 많이 사용되는 모터입니다. 하지만 영구 자석을 이용하는 동기 모터에 비해 효율, 역률 등의 특성이 떨어지는 단점을 가지고 있습니다. 유도 모터의 대표적인 제어 장치로 Inverter(or VFD)가 있으며, 동기 모터에는 Servo Drive가 있습니다.

2.6. 모터의 특징

1) DC 모터(DC motor, 직류 전동기)

- ① 고정자(Stator)와 회전자(Rotor)로 구성되어 있으며, 고정자는 계자극(Field poles)과 Frame으로 되어 있어 계자극은 대개 스크류나 볼트로 Frame에 고정되어 있습니다. 회전자는 전기자(Armature)와 정류자(Commutator) 및 브러시(Brush)로 구성되어 있습니다.
- ② 계자극이 자기장을 형성하는 방법에 따라 wound-field motor와 permanent magnet motor로 분류할 수 있습니다. Permanent magnet motor는 계자극으로 영구 자석을 사용하고, Wound-field motor는 계자극으로 계자 철심(pole piece)과 계자 권선(Field winding)으로 구성된 전자석을 사용합니다.
- ③ 동일 방향의 회전 토크를 계속 얻기 위해서는 외부에서 공급되는 직류 전류를 전동기 내에서 전기자가 180° 회전할 때 마다 전류의 방향을 바꿔주는데, 정류자와 브러시가 그 역할을 합니다. 고정된 브러시에 정류자가 면 접촉을 하면서 회전하게 되므로 브러시와 정류자가 마모, 분진 및 소음이 발생하며 소손이 발생할 수 있습니다.
- ④ 전력전자기술을 이용하여 브러시를 없앤 방식이 BLDC Motor(Brushless DC Motor)입니다.
- ⑤ 속도, 토크 및 회전 방향 제어가 용이합니다.
- ⑥ 농형 유도 전동기보다 고가이며, 정기적인 보수 점검이 필요합니다.

2) 유도 모터(Induction motor, 유도 전동기)

- ① 고정자와 회전자로 구성되어 있으며, 고정자 권선이 삼상과 단상으로 구분됩니다. 삼상 고정자 권선에 교류가 흐를 때 발생하는 회전자계에 의해서 회전자에 토크가 발생하며 모터가 회전하게 됩니다. 그러나 단상 고정자 권선에서는 교류가 흐르면 교번 자기장(Alternating magnetic field)만이 발생되어 회전자에 기동 토크가 발생하지 않아서 별도의 기동 장치가 필요합니다.
- ② DC 모터가 정류기를 통하여 전원에 연결하는 것과 달리 유도 전동기는 전원에 바로 연결하면 됩니다.
- ③ DC 모터가 브러시를 필요로 하는 것과 달리 대부분의 유도 전동기는 브러시가 필요 없습니다.
- ④ 세계에서 가장 많이 사용하는 모터입니다.
- ⑤ 구조가 간단하고 튼튼하며 가격이 낮고, 취급에 용이합니다.
- ⑥ 부하의 증감에 따라 회전 속도가 변화합니다. 슬립(Slip)이 존재합니다.

3) 동기 모터(Synchronous motor, 동기 전동기)

- ① 고정자와 회전자로 구성되어 있습니다. 고정자는 유도 모터의 고정자와 같은 형식이나, 회전자는 극수(Poles)와 여자 권선으로 되어 있으며 이 권선에 브러시와 슬립-링을 통하여 직류 전류를 공급하여 자극을 여자하게 됩니다. 즉 고정자 권선에는 흐르는 교류에 의하여 발생하는 회전 자기장 속에서 직류 전류에 의해 여자된 회전자에 토크가 발생하여 회전합니다.
- ② 전원 주파수와 극수로 결정되는 속도로 완전 동기되어, 정확히 일정한 속도로 회전합니다.
- ③ 부하의 증감에도 회전 속도가 변화하지 않습니다. 슬립이 없습니다.
- ④ 가격이 비싸고 대용량화가 어렵습니다.

2.7. 모터의 속도

1) 모터의 극수

N극과 S극이 하나씩 있는 전자석을 가진 모터를 2극기라고 하며, N극과 S극이 P/2개씩 형성되는 것에 따라 P극기(or P극 모터)라고 부릅니다. 예를 들어 N극과 S극이 두 개씩 형성될 경우 이는 4극 모터라고 부릅니다.

2) 동기 속도(Synchronous speed)와 슬립(Slip)

동기 속도란 모터 회전 자계의 회전 속도로서 1분당 회전수 (rpm)으로 표시합니다.

$$\text{동기 속도[rpm]} = \frac{\text{주파수 [Hz]} \times 60}{(\text{모터 극수}/2)} = \frac{120 \times \text{주파수 [Hz]}}{\text{모터 극수 [P]}}$$

동기 속도는 위의 공식을 통하여 구할 수 있습니다. 만약 동기 속도를 변화시키고 싶을 경우엔, 모터에 입력되는 주파수를 변경 해주거나 고정자의 극수를 변경하면 됩니다.

유도 모터의 회전자 회전 자계의 속도와 동일하게 회전한다면, 회전자 도체와 쇠교하는 자속의 시간당 변화량은 0이 되어 회전할 수 없습니다. 따라서 회전력을 발생시키기 위해서 회전자의 속도는 항상 회전자계의 속도보다 느려야 합니다.

회전 자계의 속도와 회전자의 속도의 차이를 슬립 속도(Slip speed)라고 부릅니다. 매 분당 회전 자계의 동기 속도를 N_0 , 회전자

의 속도를 N 이라고 하였을 때, 동기 속도에 대한 슬립 속도의 비를 슬립(Slip)이라고 부릅니다.

$$\text{Slip} = (N_0 - N) / N_0$$

슬립은 전원의 변화가 없다면, 모터 축에 연결된 기계적 부하에 영향을 받습니다. 만약 축의 부하가 증가한다면 회전자의 속도는 느려지게 되어, 슬립은 증가하게 됩니다.

3) 모터 극수와 동기 속도의 관계

극수 [P]	50 [Hz]	60 [Hz]
2	3,000 [rpm]	3,600 [rpm]
4	1,500 [rpm]	1,800 [rpm]
6	1,000 [rpm]	1,200 [rpm]
8	750 [rpm]	900 [rpm]
10	600 [rpm]	720 [rpm]
12	500 [rpm]	600 [rpm]
16	375 [rpm]	450 [rpm]
20	300 [rpm]	360 [rpm]

2.8. 고효율 모터

1) 고효율 모터의 정의

고효율 모터는 모터의 효율을 높여 운전 손실을 저감시키는 것을 말하며, 2가지 종류로 구분합니다.

첫 번째, 일반 모터로 부하 상태에 적합하게 가변속 운전을 하여 운전 효율을 높이는 경우를 말합니다. 이러한 경우의 가변속 운전은 최근 전력 전자 기술의 발달로 입력 전원의 전압과 주파수를 변화시킬 수 있어 팬(Fan), 펌프(Pump), 블로워(Blower) 등의 2승 저감 부하에서 많이 사용됩니다. 이전에는 댐퍼 제어(Damper control), 밸브 제어(Valve control) 방식으로 제어하였으나, 인버터 제어를 통하여 운전 효율을 높일 수 있습니다.

두 번째, 정격 효율 자체가 일반 모터보다 높게 설계 제작된 모터입니다. 일반적으로 고효율 모터라 함은 정격 효율 자체가 높여 전력 소비량 절약 효과를 기대합니다.

2) 산업용 모터의 고효율 규제 동향

전세계적으로 지구 환경 문제 및 탄소 경제 시대에 따른 CO_2 저감과 에너지 절약이 이슈입니다. 지구 전체의 평균 기온 상승으로 인해 기상이변 발생, 생태계 변화 등의 우려 사항이 커지고 있는 가운데, 세계적으로 지구 온난화 방지(CO_2 저감)가 추진되고 있으며 산업계에서도 에너지 절약이 화두가 되고 있습니다. 산업계의 에너지 절약으로 시스템의 고효율화가 가장 중요한 이슈로 시스템의 고효율화가 매우 중요하게 여겨지고 있으며, 특히 시스템의 핵심 구동원인 모터의 고효율화가 요구되고 있습니다. 모터의 고효율화에 의한 에너지 절약은 사회의 에너지 소비에 큰 영향을 미칩니다. 시스템의 핵심 구동원으로서 전동기의 고효율화가 요구되고 있습니다. 전동기의 고효율화에 의한 에너지 절약은 사회의 에너지 소비에 큰 영향을 미칩니다.

IEC에서 모터 효율 등급을 규정한 이래 세계 각국에서도 산업용 전동기의 고효율 규제가 확산되고 있습니다. 일반 전동기보다 정격 효율이 높은 고효율 모터를 사용함으로써, 손실이 작기 때문에 운전시 낮은 온도 상승으로 권선 절연의 수명이 길어지고, 풍손 저감을 위한 외부 팬 형상 및 구조 변경으로 소음이 작다는 장점을 가지고 있습니다. 가격이 다소 높지만 절전 효과로 초기 상승 비용을 회수할 수 있고 사용할수록 경제적인 이점을 취할 수 있습니다.

유럽의 경우, 고효율 모터의 기준(EFF1: High efficiency motors / EFF2: Improved efficiency motors / EFF3: Standard efficiency motors) 제정 및 보급 확대를 위해 자발적 협약을 체결하였으나 예상보다 고효율 모터 보급 확대가 미진하여 IEC에서 고효율 모터 효율 기준을 강화한 규격(IEC 60032-30)을 제정하고 최저 효율제와 같은 강제 의무 정책 시행을 시작하였습니다. IEC 60032-30은 4단계(IE1: Standard efficiency motors / IE2: High efficiency motors / IE3: Premium efficiency motors / IE4: Super-premium efficiency motors) 나누고 모터 용량(0.75~200kW), 극수(2,4,6), 사용 전압(1,000V 이하)로 규정하였습니다. 한국은 자발적 효율 기준으로 강제 의무 정책은 없습니다.

최근 일반 유도 모터의 효율을 높이는 방식에서 에너지 절감 효과가 큰 영구자석 모터(동기 모터)의 사용 빈도가 높아지고 있으나 가격이 비싸고 모터 용량 제한의 단점이 있으나, 모터 제작 업체들의 기술력 발달로 향후에는 많은 보급이 기대되고 있습니다.

3) 적용 시 효과가 높은 장소

- ① 기동율이 높고 연속 운전이 되는 곳
- ② 고부하시 및 공조용 등 전력 소모가 Peak시 사용되는 곳
- ③ 전원 용량의 여유가 적어 설비 증설이 제한되는 곳
- ④ 전체 소비 전력 대비 모터의 소비 전력이 큰 비중을 차지하는 곳

4) 고효율 모터의 효율 비교표

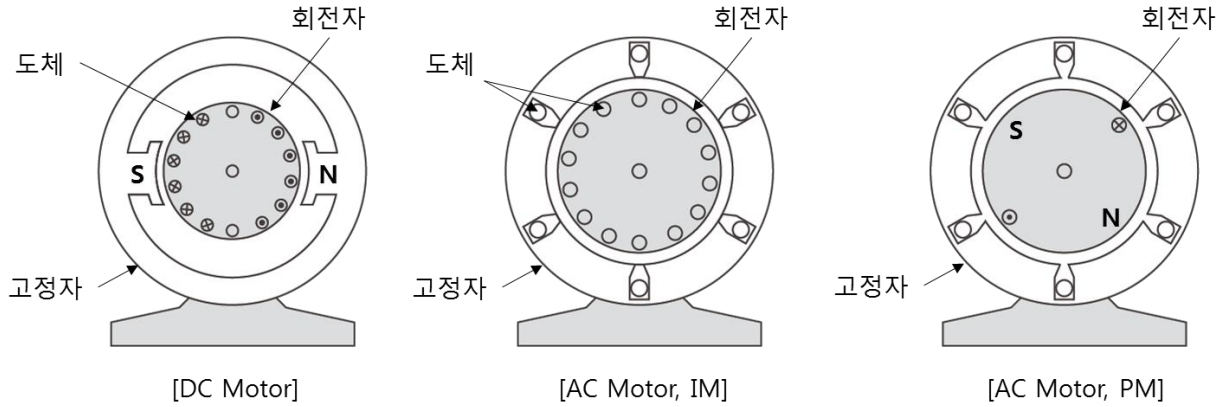
출력	KS (Standard Eff.)			IE1 (Standard Eff.)			IE2 (High Eff.)			IE3 (Premium Eff.)		
	2극	4극	6극	2극	4극	6극	2극	4극	6극	2극	4극	6극
0.75	70.0	71.5	70.0	72.1	72.1	70.0	77.4	79.6	75.9	80.7	82.5	78.9
1.1	-	-	-	75.0	75.0	72.9	79.6	81.4	78.1	82.7	84.1	81.0
1.5	76.0	78.0	76.5	77.2	77.2	75.2	81.3	82.8	79.8	84.2	85.3	82.5
2.2	79.5	81.0	79.5	79.7	79.7	77.7	83.2	84.3	81.8	85.9	86.7	84.3
3.0	-	-	-	81.5	81.5	79.7	84.6	85.5	83.3	87.1	87.7	85.6
3.7	82.5	83.0	82.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.0	-	-	-	83.1	83.1	81.4	85.8	86.6	84.6	88.1	88.6	86.8
5.5	84.5	85.0	84.5	84.7	84.7	83.1	87.0	87.7	86.0	89.2	89.6	88.0
7.5	85.5	86.0	85.5	86.0	86.0	84.7	88.1	88.7	87.2	90.1	90.4	89.1
11.0	86.5	87.0	86.5	87.6	87.6	86.4	89.4	89.8	88.7	91.2	91.4	90.3
15.0	88.0	88.0	87.5	88.7	88.7	87.7	90.3	90.6	89.7	91.9	92.1	91.2
18.5	88.0	88.5	88.0	89.3	89.3	88.6	90.9	91.2	90.4	92.4	92.6	91.7
22.0	89.0	89.0	88.5	89.9	89.9	89.2	91.3	91.6	90.9	92.7	93.0	92.2
30.0	89.0	89.5	89.0	90.7	90.7	90.2	92.0	92.3	91.7	93.3	93.6	92.9
37.0	90.0	90.0	90.0	91.2	91.2	90.8	92.5	92.7	92.2	93.7	93.9	93.3
45.0	90.2	90.5	90.0	91.7	91.7	91.4	92.9	93.1	92.7	94.0	94.2	93.7
55.0	90.2	90.5	90.5	92.1	92.1	91.9	93.2	93.5	93.1	94.3	94.6	94.1
75.0	90.5	90.7	90.7	92.7	92.7	92.6	93.8	94.0	93.7	94.7	95.0	94.6
90.0	90.7	91.2	91.0	93.0	93.0	92.9	94.1	94.2	94.0	95.0	95.2	94.9
110	91.0	91.5	91.0	93.3	93.3	93.3	94.3	94.5	94.3	95.2	95.4	95.1
132	91.2	91.7	91.5	93.5	93.5	93.5	94.6	94.7	94.6	95.4	95.6	95.4
160	91.5	92.0	91.5	93.7	93.8	93.8	94.8	94.9	94.8	95.6	95.8	95.6
200	91.7	92.4	-	94.0	94.0	94.0	95.0	95.1	95.0	95.8	96.0	95.8

2.9. 모터의 동작 원리(기초)

1) 모터의 기본 구조

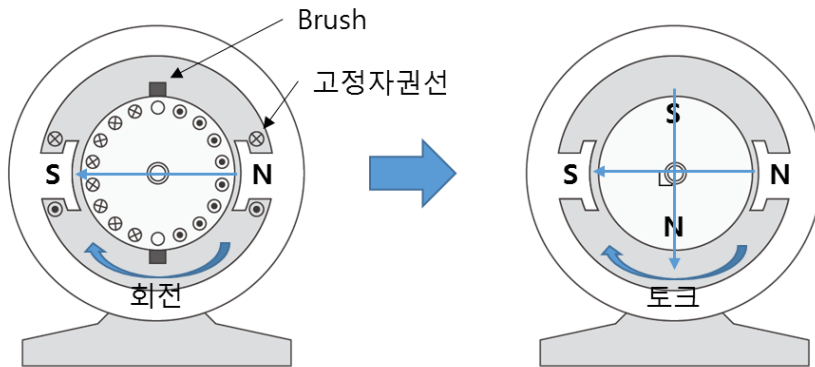
모터는 전기 에너지를 입력 받아 기계 에너지를 출력하는 에너지 변환 기기입니다. 모터의 기계적 구조는 기본적으로 고정자 (Stator)와 회전자(Rotor)로 이루어져 있으며, 이들 사이의 간격을 공극(Air-gap)이라고 한다. 공극의 길이는 회전자의 모양에 따라 다르며 이에 따라 발생 토크도 달라집니다. 고정자와 회전자는 에너지 변환에 필요한 자기(Magnetic) 회로와 전기(Electric) 회로를 구성하고 있습니다. 자속(Magnetic Flux)이 통과하는 자기 회로를 구성하기 위해 이들은 보통 철심(Iron Core)으로 만들어집니다. 자속을 효과적으로 발생시키기 위해 철심의 재료로는 규소 강판 (Silicon Steel)과 같이 투자율 (Magnetic Permeability)이 매우 큰 강자성체 (Ferromagnetic Material)가 주로 사용됩니다. 이러한 철심내의 슬롯 (Slot)에 삽입된 도체 (Conductor)들은 전기 회로를 구성합니다. 이들 도체에 전원이 연결되어 전류가 흐르면 철심에는 자속이 발생되고 전자석이 생성됩니다. 이러한 자속 생성을 위해 영구 자석 (Permanent Magnet)을 사용하기도 합니다.

모터는 일반적으로 자석 간의 상호 작용을 통하여 힘이 발생하며 회전을 합니다. 이러한 힘이 지속적으로 발생하여야 모터는 부하를 구동하는 역할을 할 수 있습니다. 아래에는 DC모터와 AC모터의 일반적인 동작 원리를 간단히 설명하고 있으며, 상세 동작 원리는 교재 뒤 페이지를 통하여 확인할 수 있습니다.



2) DC 모터

고정자 권선과 회전자 권선 모두에 직류 전원이 인가되는 직류 전동기는 고정자 권선에 의한 전자석 또는 영구 자석이 만드는 고정된 자기장 내에 위치시킨 전류가 흐르는 회전자 도체에 발생된 힘에 의해 회전합니다. DC 모터에서는 브러시(Brush)와 정류자(Commutator)에 의한 정류 작용으로 회전자 도체의 전류 분포는 회전자의 회전과 상관없이 항상 아래의 그림과 같이 동일하게 유지됩니다. 따라서 힘이 한쪽 방향으로 지속적으로 발생되어 회전자가 계속 회전하게 됩니다.

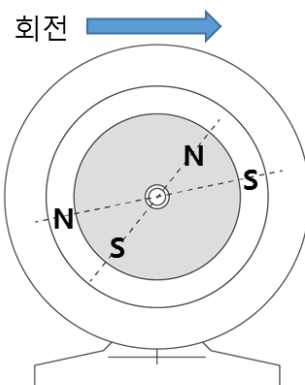


3) AC 모터

AC 모터 역시 2개의 자석의 상호 작용에 의한 힘이 발생되어 회전하는데, 정지된 2개의 자석 간에 힘으로 회전하는 DC 모터와는 다르게 AC 모터에서는 고정자의 자석과 회전자의 자석이 모두 회전합니다. 이 경우 회전하는 고정자의 자석을 회전자 자석이 쫓아 가며 회전합니다.

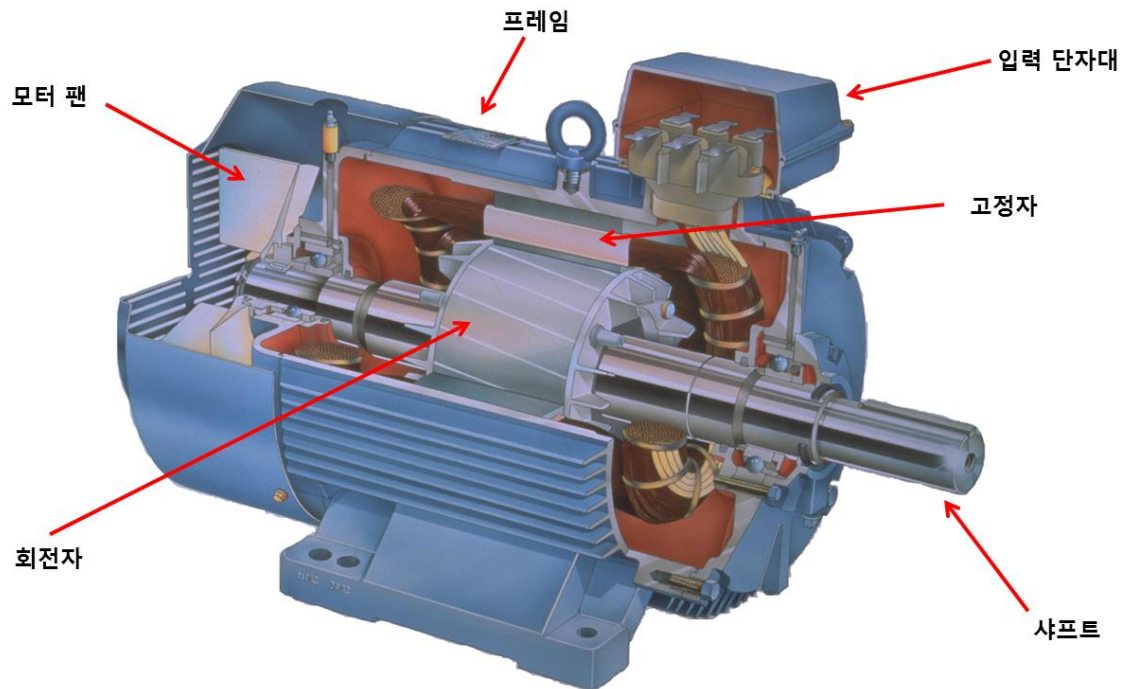
AC 모터에서 회전하는 고정자 자석을 만들기 위해서 3상 교류 전원을 사용합니다. 고정자의 3상 권선에 3상 대칭 교류 전원을 인가하면 인가 전압의 각 주파수의 속도에 따라 회전하는 자계가 발생하며, 이를 '회전 자계'라고 부릅니다.

AC 모터는 회전하는 고정자 자석을 쫓아가는 회전자 자석이 어떤 방식인지에 따라 유도 모터(Induction Motor)와 동기 모터(Synchronous Motor)로 나뉩니다. 유도 모터는 3상 교류 전원에 의해 전자석을, 동기 모터는 영구 자석을 사용합니다.



2.10. 유도 모터 (Induction motor, 유도 전동기)

1) 유도 모터의 구조



① 프레임 (Frame)

케이스(Case)라고도 하며, 전동기의 외형 보호를 하고 회전자를 지지하는 역할을 합니다.

② 전원 입력 단자대 (Input power terminal)

전원 배선을 통하여 모터에 입력 전원을 공급하는 역할을 합니다. 일부 모터는 배선 방식을 바꿀 경우, 입력 전원 사양을 다르게 사용할 수 있습니다.

③ 고정자 (Stator)

유도 모터에서 3상 교류 전원은 고정자 권선에만 공급 됩니다. 고정자 권선은 DC 모터의 전기자와 계자 권선의 역할을 동시에 수행합니다. 절연된 구리선으로 구성된 3상 권선은 아래와 같이 고정자 철심의 슬롯(Slot)에 120°(전기각) 간격으로 배치되어 있습니다.

④ 회전자 (Rotor)

회전자 역시 고정자와 비슷하게 얇게 적층된 강자성체 철심의 슬롯에 도체가 삽입된 구조를 갖습니다. 회전자에는 전원이 인가되지 않지만, 고정자에서 발생하는 회전 자계에 따른 전자기 유도 작용에 의해 도체에 유기된 유도 기전력에 의해 전류가 흐릅니다. 회전자는 권선의 형식에 따라 농형과 권선형으로 나뉩니다.

⑤ 공극 (Air gap)

모터의 고정자와 회전자는 서로 닿지 않습니다. 고정자로부터 유도된 전류로 회전자는 회전하게 되는데, 이 두 구조간의 공간 공극(Air gap)이라고 합니다. 이 공극은 서로 일정하게 조립되어 있어야 하는데, 만약 균일하지 않고 편심이 있으면 전기적인 문제와 기계적인 진동이 발생됩니다. 이와 같이 전자기력의 힘의 균형이 깨진 상태로 지속되면, 결국 모터의 수명에 지장을 주게 됩니다.

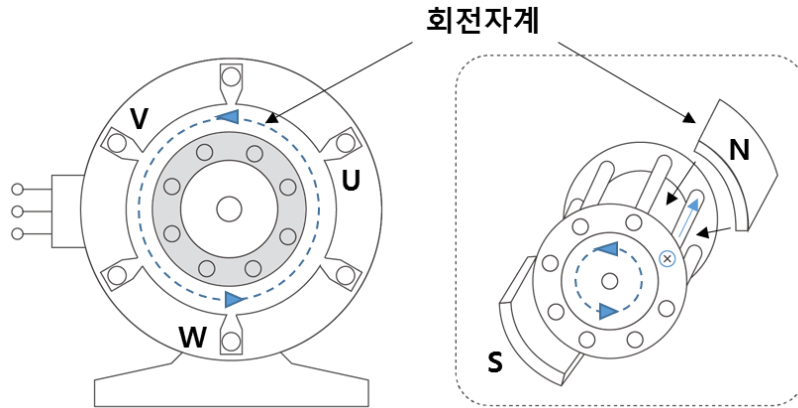
⑥ 축 (Shaft)

회전자의 중심축으로서, 끝단에 풀리, 기어, 팬 등을 설치할 수 있습니다. 샤프트가 회전하며 모터는 회전하게 됩니다.

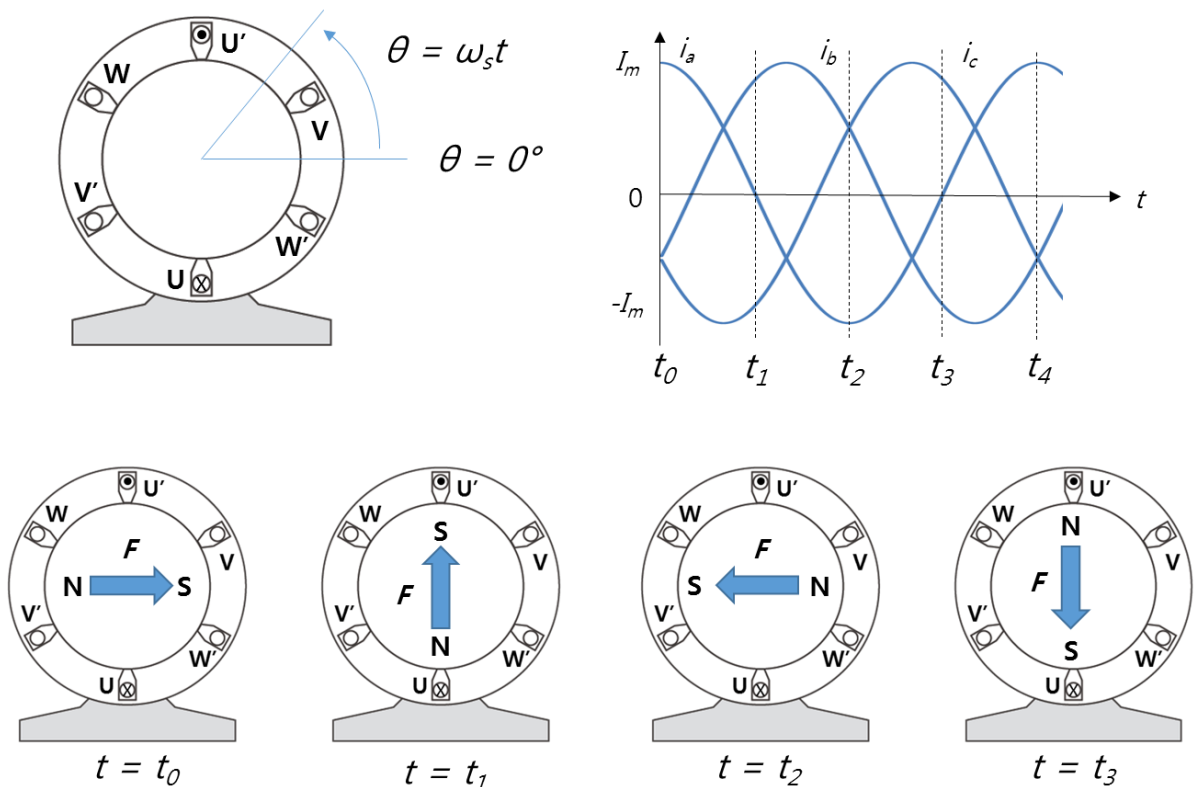
2) 유도 모터의 회전 원리: 회전 자계

3상 교류전원을 3상 고정자 권선에 연결하여 전류가 흐르면, 일정 크기를 갖고 회전하는 하나의 전자석이 공극에 발생합니다. 이를 회전 자계(Rotating Magnet Field)라 합니다. 회전 자계는 회전자 도체에 유도 기전력이 발생시켜 전류가 흐르게 됩니다. 이 회전자 전류와 고정자 회전 자계의 상호 작용으로 토크가 발생하여 회전자는 회전합니다. 회전자의 회전 방향은 회전자계의 회전 방향과 동일합니다. 만약 회전 자계가 반 시계 방향으로 회전하는 경우, 회전자도 반 시계 방향으로 회전합니다.

이와 같이 회전자 권선에는 별도의 전원이 인가되지 않아도, 전자기 유도 현상에 의해 회전자의 도체에 전류가 흘러서 발생된 토크로 회전하기 때문에 유도 모터(Induction motor)라고 부릅니다. 유도 모터에서 회전자는 언제나 회전 자계의 속도(동기 속도)보다 느린 속도로 회전하게 됩니다. 그 이유는 회전자의 속도가 회전 자계의 속도와 같다면 유기 기전력이 발생하지 않아 회전자 도체에 전류가 흐르지 않게 되며 따라서 토크가 발생하지 않기 때문입니다.



3상 권선이 서로 120°로 떨어져 있고, 각 권선에 흐르는 전류의 위상 차이가 서로 120°인 경우, 공극에는 3상 합성 기자력이 발생합니다. 이는 N극과 S극이 하나씩 있는 한 개의 전자석이 됩니다. 합성 기자력은 U상 -> V상 -> W상 축 방향으로 움직이는데, 전류 한 주기에 대해 1회전을 합니다. 그에 따라 회전 자계의 이동 방향으로 회전자는 회전합니다. 3상 중 두 상의 권선의 결선 순서를 바꾼다면, 회전 자계의 이동 방향이 반대가 되어 회전자의 회전 방향이 반대가 될 수 있습니다.



3) 모터의 정격

정격이란 지정된 조건에서의 전동기 사용 한도를 말합니다. 사용 한도는 출력으로 표시하고 정격 출력이라고 부릅니다. 지정된 조건이란 정격 출력을 얻기 위한 정격 전압, 정격 전류, 정격 회전수, 상, 주파수, 정격 운전의 종류를 말합니다.

4) 모터의 명판

모터에는 항상 명판(Name plate)이 부착되어 있습니다. 모터를 사용할 때 혹은 수리, 개조를 할 때는 먼저 명판을 잘 읽고 취급해야 합니다. 명판에는 그 모터가 보증하는 사용한도가 기재되어 있으며, 명판에 기재되어 있는 조건을 정격이라 합니다.

명판의 공간이 한정되어 있기에 중요하고 대표적인 것을 기재하며, 기재되는 내용이나 형식은 모터 생산업체에 따라서 차이가 있을 수 있습니다. 또한 KS규격이나 NEMA규격 또는 IEC 규격에는 최소한의 필요 기재 사항에 대하여 명시하고 있습니다.

주로 명판에 기재되는 사항은 아래와 같으며, LS산전 연수원 내 교육 키트의 모터 명판을 예로 들어 관련 내용을 설명하겠습니다.



① 출력 (kW or HP)

일반적으로 기계적인 정격 출력을 의미하며, 정격 출력은 정격 전압과 정격 주파수 조건 아래서 연속적으로 발생하는 출력으로서 전동기가 단위 시간당 할 수 있는 일의 양을 말합니다.

② 전압 (Voltage)

일반적으로 전압은 정격 전압(Rated Voltage)를 의미하며, 모터가 운전되도록 설계된 전압을 말합니다. 최근 많은 3상 유도 전동기는 높은 전압과 낮은 전압의 두 가지 전압에서 운전될 수 있습니다. 위의 모터는 220V와 380V를 입력 받을 수 있으며, 그에 따라 내부 결선이 달라질 수 있습니다.

③ 주파수 (Frequency)

일반적으로 주파수란 정격 주파수(Rated frequency)를 의미하며, 모터가 운전되도록 설계된 주파수를 말합니다. 입력 전원의 주파수는 통상 50 또는 60Hz입니다.

④ 전류 (Current)

일반적으로 전류란 정격 전류(Rated load current)를 의미하며, 정격 주파수와 정격 전압에서 정격 마력 출력 시에 필요한 전류를 Ampere로 표시하고 있습니다.

Full-Load Amp (F.L.A) or Full-Load Current: 정격 전압에서 정격 마력을 출력하고 있는 모터에 필요한 전류

⑤ 회전수 (rpm)

정격 회전수(RPM at rated load)는 모터에 정격 부하를 걸고 정격 출력을 낼 때의 회전수를 말합니다. 명판에는 주로 rpm으로 표시하며 rpm이란 Revolutions Per Minute의 약자로 분당 회전수를 말합니다. 회전수와 관련된 용어로는 동기 회전수(Synchronous speed)와 슬립(Slip)이 있습니다. 동기 회전수는 전동기의 권선 방법과 주파수에 의해 생성되는 회전 자기장의 속도와 같은 속도이며, 유도 전동기의 회전수는 항상 동기 회전수 보다 작으며 부하가 증가할수록 그 회전수가 떨어집니다. 이와 같이 동기 회전수와 실제 회전수의 오차를 슬립이라고 하며, 명판에 표시하는 회전수는 정격 부하가 인가되었을 때의 슬립이 반영된 유도 전동기의 회전수를 표시합니다.

⑥ 효율 (Efficiency)

효율은 일반적으로 출력의 입력에 대한 비율로서 %로 표시하며 전동기의 효율도 마찬가지입니다. 입력에서 손실을 뺀 나머지가 출력이므로 효율을 구하는 식은 아래와 같습니다.

$$\text{효율} = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 = \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100$$

⑦ Service Factor (S.F)

Service Factor는 정격 전압과 정격 주파수 및 허용 온도 아래서 허용할 수 있는 과부하 용량 (Over-load capacity)을 얻기 위해서 정격 출력에 곱하는 계수를 말하며, 주로 1.15나 1.25로 표기되는 경우가 많습니다.

⑧ 절연 등급 (Insulation Class)

모터의 수명을 좌우하는 가장 중요한 인자는 절연이라고 할 수 있습니다. 절연 계급은 전동기가 주어진 운전 온도에서 수명 20,000시간을 달성할 수 있도록 권선의 절연이 얼마나 오래 견딜 수 있는지를 표시하는 지정 문자를 의미 합니다. 일반적으로 모터의 운전 온도를 허용 온도보다 10°C 씩 높을 때 마다 전동기의 수명은 1/2씩 줄어든다고 합니다.

절연 계급	내용	허용 최고 온도
Y중	목면, 견, 지 등의 재료로 구성 바니스류에 함침 또는 기름에 침투 시키지 않은 것	90 (°C)
A중	목면, 견, 지 등의 재료로 구성. 바니스류에 함침 또는 기름에 침투 시키지 않은 것	105 (°C)
E중	에나멜선용 폴리우레탄 수지, 에폭시 수지, 면적층품, 종이 적층품	120 (°C)
B중	마이카, 석면, 그라스 섬유 등의 접착 재료를 이용하여 구성.	130 (°C)
F중	B중과 같은 재료를 실리콘 알키드 수지 등의 접착 재료를 이용하여 구성.	155 (°C)
H중	B중, F중과 같은 재료를 규소수지 또는 동등의 접착 재료를 이용하여 구성	180 (°C)
C중	생마이카, 석면, 자기 등의 단독적으로 구성 또는 접착 채료와 함께 사용한 것	180 (°C)을 넘는 온도

⑨ 형식 (Enclosure)

일반적으로 형식(Enclosure)는 외피를 의미하며, NEMA에서 형식은 전동기를 주위 환경으로부터 보호하는 정도와 모터를 냉각시키는 방법에 의해서 모터의 외피를 분류할 때 사용하는 용어입니다.

[ODP]: Open drip proof의 약자. 방적형.

모터 측면에 통기공이 있어서 전동기 내부로 공기의 유동이 자유로우나, 연직과 15도 이내의 각도를 이루면서 떨어지는 액체는 모터 내부로 들어갈 수 없도록 되어 있습니다. 습기가 없으며, 깨끗하고 환기가 잘되는 실내 설치에 적합합니다. 옥외에 설치할 때는 공기의 흐름을 방해하지 않는 보호 덮개를 설치해야 합니다.

[TENV]: Totally Enclosed Non-Ventilated의 약자. 전폐자랭형.

공기가 유통할 수 있는 통기공이 전혀 없는 전폐형이나 냉각은 대류와 복사 현상에만 의존합니다.

[TEFC]: Totally Enclosed Fan Cooled의 약자. 전폐외선형

TENV와 같으나 모터 외부에 Fan을 부착하여, 이 Fan이 모터 외부에서 바람을 일으켜 모터를 냉각시킵니다.

[TEAO]: Totally Enclosed Air Over의 약자.

모터가 구동하고 있는 송풍기 등에서 토출하고 있는 기류 속에 모터가 설치되도록 설계된 모터로, 이 기류가 냉각시키는 역할을 합니다.

[EXP]: Explosion Proof의 약자. 방폭형.

폭발성 가스나 분진이 있는 위험지역에 설치하는 모터로, 내부에서 폭발성 가스의 폭발이 생긴 경우에도 용기가 그 압력을 견디고 또 외부의 폭발성 가스에 인화되지 않도록 제작된 모터입니다.

⑩ 보호 방식 (IP rating)

IEC 60529 (Degrees of Protection provided by Enclosure)와 IEC 60034-5 (Rotating Electrical Machines-Part5)에 의한 규정으로 구분 짓는 보호 등급을 말합니다. IEC 60529는 판넬, 스위치, 전등 등 모든 종류를 대상으로 하고, IEC 60345-5는 전동기나 발전기와 같은 회전기기만을 대상으로 합니다.

IP등급의 첫째 기호는 고체 입자나 분진의 침입으로부터의 보호를 뜻하며, 두 번째 기호는 물로부터의 보호를 뜻합니다.

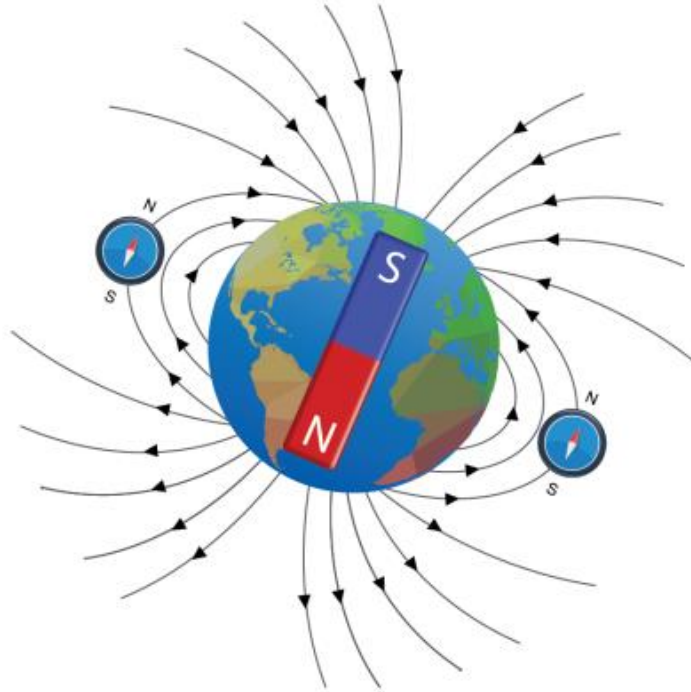
고체에 대한 보호정도		액체에 대한 보호정도	
IP	TEST	IP	TEST
0	 no protection	0	 no protection
1	 50mm이상의 고체로 부터 보호됨(손에 닿는 정도)	1	 수직의 낙수물로부터 보호됨
2	 12mm이상의 고체로 부터 보호됨(손가락크기정도)	2	 15° 정도 들이치는 낙수물로부터 보호됨
3	 2.4mm이상의 고체로 부터 보호됨(연장, 전선크기)	3	 60° 까지의 스프레이로 부터 보호됨
4	 1mm이상의 고체로 부터 보호됨(연장, 전선크기)	4	 모든 방향의 스프레이로 부터 보호됨
5	 먼지로부터 보호됨	5	 모든 방향의 낮은 압력의 분사되는 물로부터 보호됨
6	 먼지로부터 완벽하게 보호됨	6	 모든 방향의 높은 압력의 분사되는 물로부터 보호됨
		7	 15cm~1mm까지 침수되어도 보호됨
		8	 장기간 침수되어 수압을 받아도 보호됨

2.11. 모터의 동작 원리 (주요 이론)

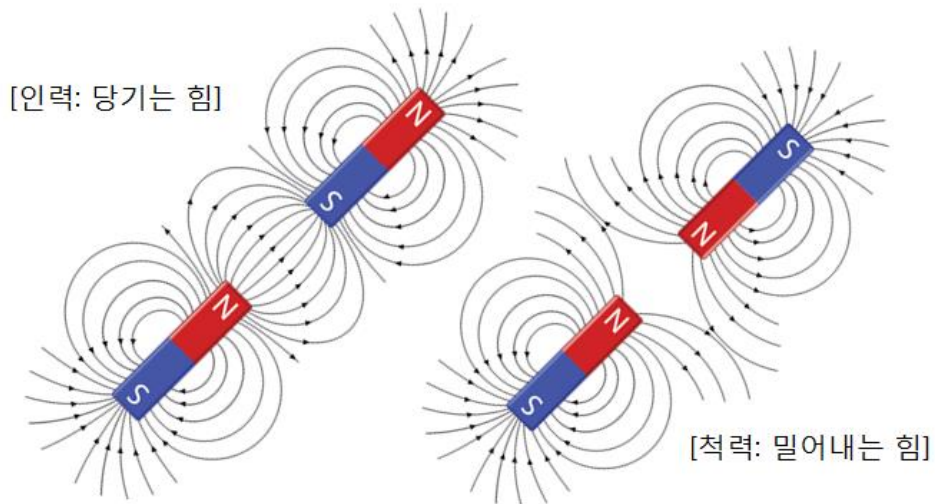
1) 자기력과 자기장

① 자기력 (Magnetic Field)

나침반은 항상 북쪽과 남쪽을 가리키고 있으며, 이는 지구가 커다란 자기력을 가지고 있기 때문에 나타낼 수 있습니다.



자기력이란 자극 사이에 작용하는 힘으로, 자석과 같이 자성을 가진 물체가 서로 밀거나 당기는 힘을 말합니다. 같은 종류의 자극 사이에는 서로를 밀어내는 힘인 '척력'이 발생하며, 다른 자극 사이에는 서로를 당기는 힘인 '인력'이 발생합니다.



② 자기장 (Magnetic Field)

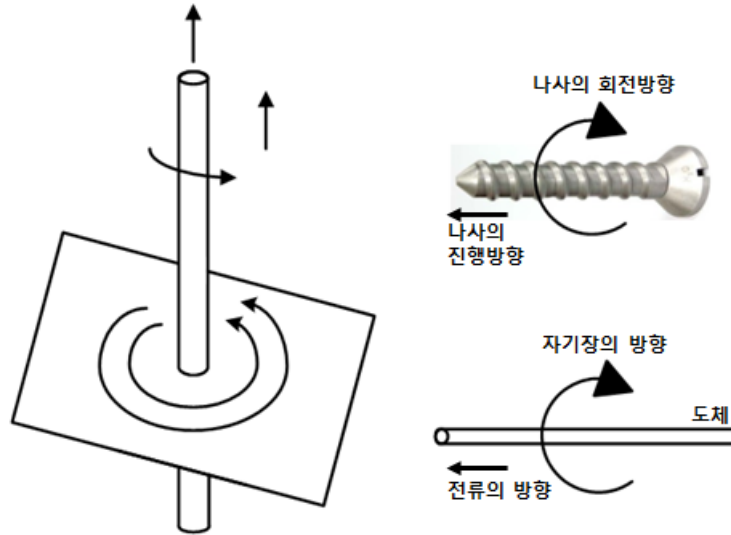
자기력의 영향을 미치는 공간을 자기장이라고 부릅니다. 자기장의 방향은 자기장 내의 나침반 자침의 N극이 받는 힘의 방향입니다. 자기장은 자기력선으로 표현할 수 있는데, 자기장 내의 N극이 가리키는 방향을 따라 이으면 선이 만들어지며 이를 자기력선이라 합니다.

2) 앙페르의 오른손 법칙 (오른 나사 법칙)

① 앙페르 (Andre Marie Ampere, 1775~1836)

전자기학의 발전에 초석을 놓은 프랑스 물리학자.

② 앙페르의 법칙 (Ampere's Law)

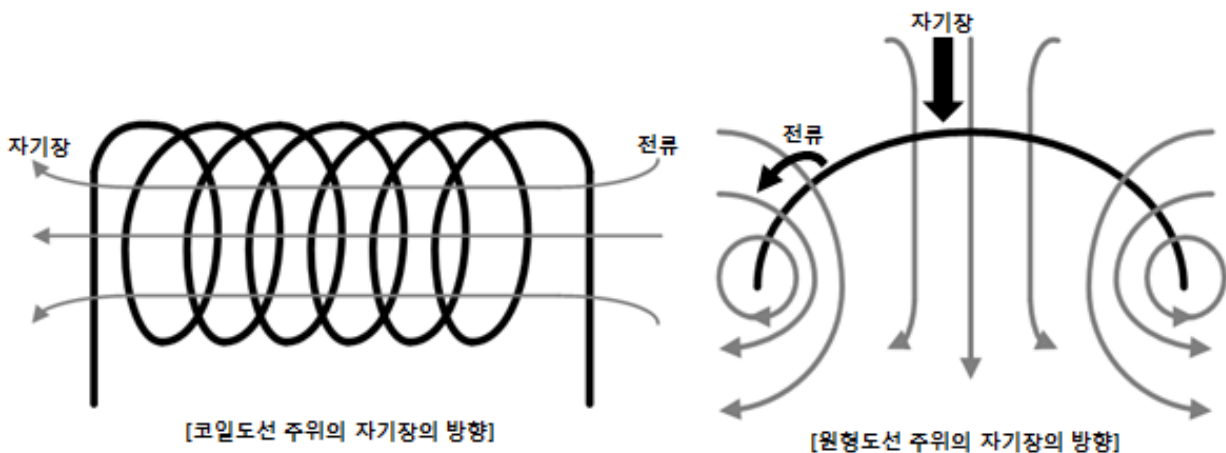


도선(Conductor)에 일정한 전류(Electric current)가 흐를 때, 도선 주위에 자기장이 형성됩니다. 전류의 방향과 자기장의 방향에 대한 관계를 설명한 것이 앙페르의 법칙입니다.

위와 같이 도선에 엄지 손가락의 방향으로 전류가 흐를 경우, 나머지 네 손가락들의 방향과 같은 원형의 형태로 자기장이 발생하게 됩니다. 그리하여 '앙페르의 오른손 법칙'이라고도 부릅니다. 또한, 볼트/너트를 축 방향 기준으로 시계 방향으로 돌려 조이는 오른 나사와 성질이 비슷하다고 하여 '앙페르의 오른 나사 법칙'이라고도 부릅니다. 앙페르의 법칙으로 전류의 방향과 자기장의 방향을 확인할 수 있습니다.

전류의 방향이 바뀌었을 때, 자기력은 변함이 없으나 자기력의 방향은 바뀌게 됩니다. 그리고 전기장의 크기(B)는 도선에 흐르는 전류의 세기(I)에 비례하고, 도선으로부터의 거리(r)에 반 비례 합니다.

$$B = k \frac{I}{r} = 2 \times 10^{-7} \cdot \frac{I}{r}$$

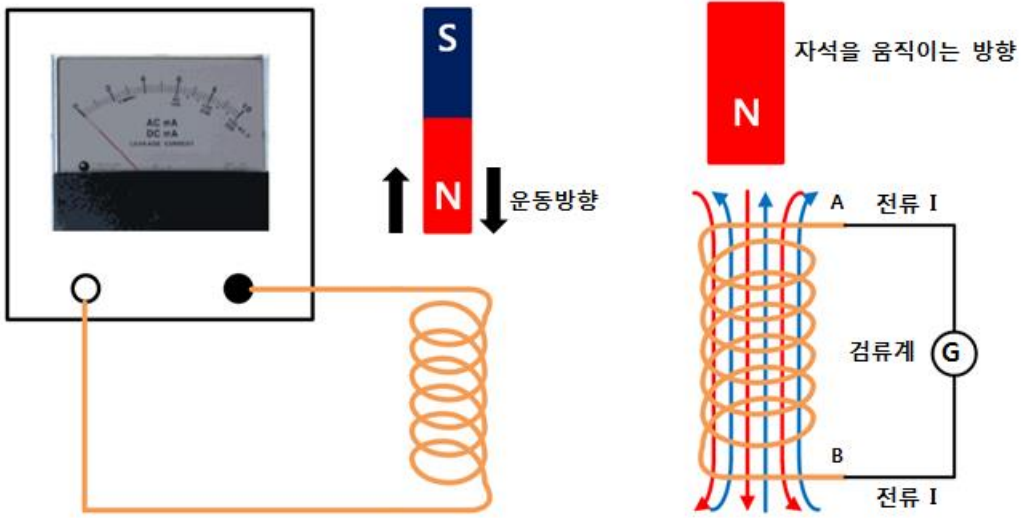


3) 렌츠의 법칙

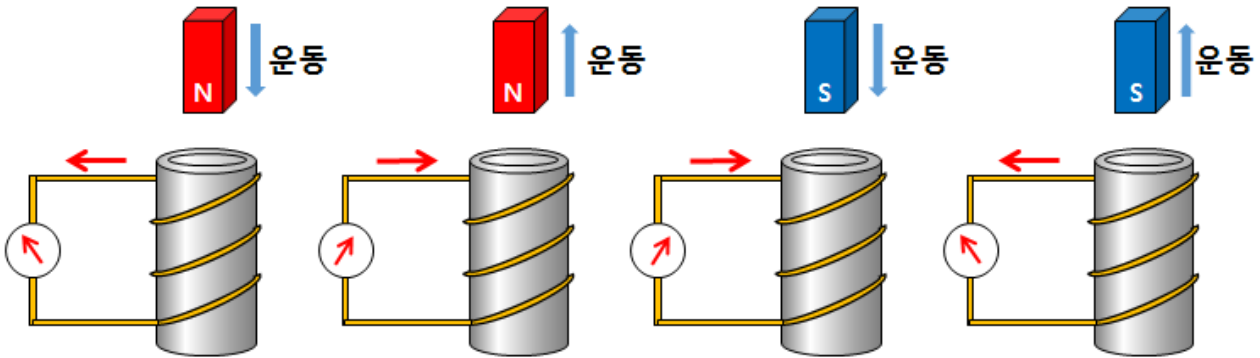
① 렌츠 (Heinrich Friedrich Emil Lenz, 1804~1865)

19세기 전자기학을 연구하여 전자기 유도 현상을 발견한 독일계 러시아 물리학자.

② 렌츠의 법칙 (Lenz's Law)



회로와 전자기장의 상대적인 위치 관계 또는 전류에 대한 자극의 크기가 변화할 경우, 유도전류와 유도기전력은 원래 자기장의 변화를 상쇄하는 방향으로 발생하는 것이 렌츠의 법칙입니다. 즉 자속이 변화할 경우, 유도 전류에 의한 자기장은 자속의 변화를 방해하는 방향으로 발생합니다.



위와 같이 자석의 N극을 코일에 다가 갈 경우, 코일 위쪽에는 자기장의 변화를 상쇄시키고자 척력이 발생하며 N극이 형성됩니다. 그에 따라 붉은 화살표와 같은 방향으로 유도 전류가 발생하게 됩니다.

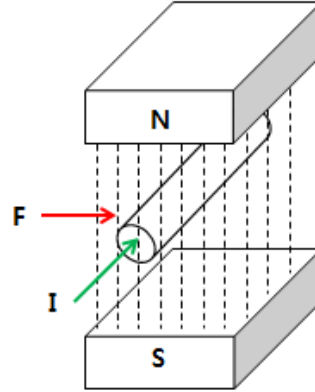
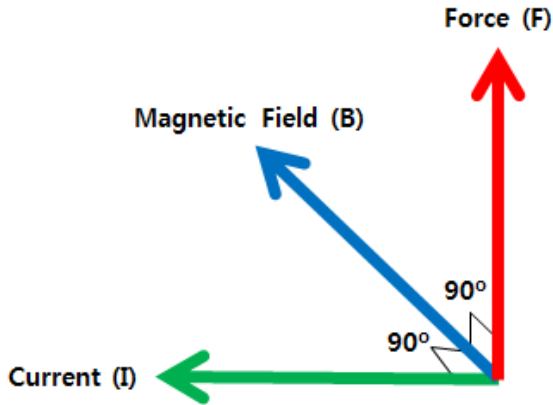
또한 자석의 N극을 코일에서 멀어질 경우, 코일 위쪽에는 자기장의 변화를 상쇄시키고자 인력이 발생하며 S극이 형성됩니다. 그에 따라 붉은 화살표와 같은 방향으로 유도 전류가 발생하게 됩니다.

4) 플레밍의 법칙

① 플레밍 (John Ambrose Fleming, 1849~1945)

전류/자기장/도체 운동의 3방향에 관한 법칙을 만든 영국의 전기학자.

② 플레밍의 오른손 법칙 (Fleming's right hand rule)

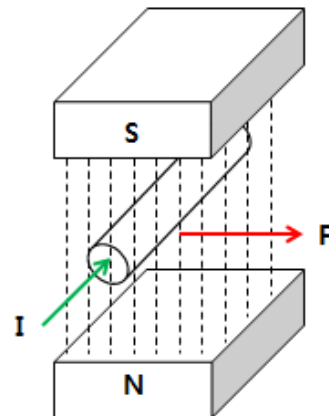
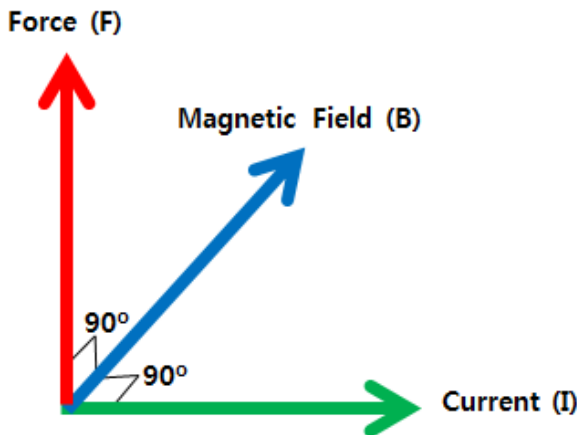


자기장 속에서 도선이 움직이면, 도선 내부에 전류가 흐르는 것을 설명한 법칙입니다. 즉, 자기장의 방향과 도선이 움직이는 방향에 따라 유도기전력의 방향이 결정된다는 것이 플레밍의 오른손 법칙입니다.

위의 그림과 같이 오른손 엄지를 도선의 운동 방향, 검지를 자기장의 방향으로 했을 때, 중지가 가리키는 방향이 유도기전력 또는 유도전류의 방향이 됩니다.

플레밍의 오른손 법칙에 따르면, 도선의 운동에너지는 자기장 속에서 전기에너지의 형태로 전환될 수 있습니다. 발전 방식에 따라 다르지만, 이는 발전기의 기본 원리입니다.

③ 플레밍의 왼손 법칙 (Fleming's left hand rule)



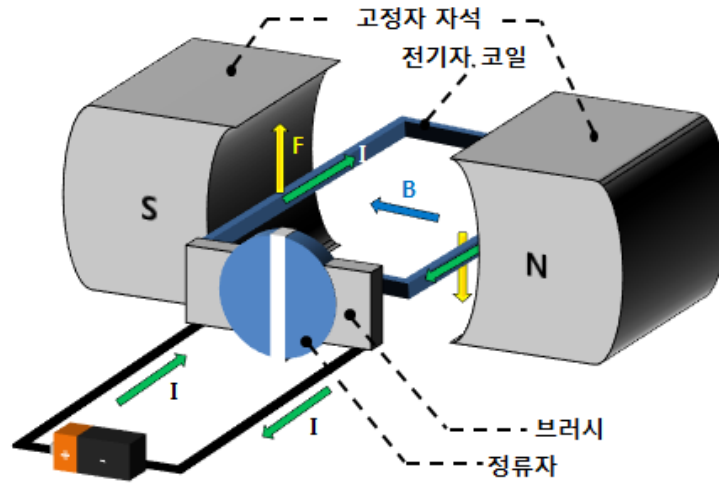
자기장 속에 있는 도선에 전류가 흐를 때, 도선에 힘이 작용하는 것을 설명한 법칙입니다. 즉, 자기장의 방향과 전류가 흐르는 방향에 따라 도선이 받는 힘의 방향이 결정된다는 것이 플레밍의 왼손 법칙입니다.

위의 그림과 같이 왼손 검지를 자기장의 방향, 중지를 전류의 방향으로 했을 때, 엄지가 가리키는 방향이 도선이 받는 힘의 방향이 됩니다.

플레밍의 왼손 법칙에 따르면, 도선 내의 전기에너지는 자기장 속에서 운동에너지의 형태로 전환될 수 있습니다. 이것이 전기에너지를 사용하여 회전운동을 하는 모터의 기본 원리입니다.

2.12. 모터의 상세 동작 원리 (DC 모터)

1) DC 모터의 기본 구조

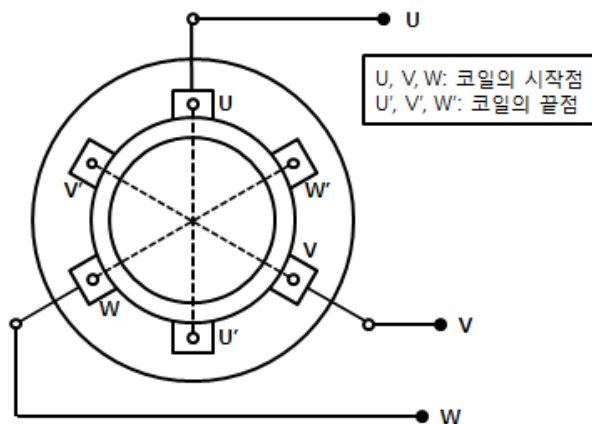


2) DC 모터의 동작 원리

고정자는 N극과 S극의 자석으로 구성되어, 이는 N극(오른쪽)에서 S극(왼쪽)의 방향(파란색 화살표)으로 자기장을 형성합니다. DC 모터에는 직류 전원을 입력하며, 전원의 방향에 따라 (+)극에서 (-)극으로 전류의 방향(검은색 화살표)이 결정됩니다. 또한 전기자 코일은 고정자에서 형성된 자기장 내부를 통과하며, 이를 통하여 자기장 내에 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있습니다. 또한 정류자와 브러시가 접촉되어 있을 때만, 코일에 전류가 흐릅니다. 코일이 회전할 때 원형으로 되어 있지 않으면 코일이 꼬일 수 있기에 정류자는 링의 형태로 그림과 같이 분리된 부분이 있습니다. 브러시는 정류자와 전원을 연결해주는 매개체입니다. 자기장 내 도선에 전류가 흐르기에 플레밍의 왼손 법칙을 활용할 수 있습니다. 왼쪽 코일 면은 위쪽으로 향하는 힘이 발생하며, 오른쪽 코일 면은 아래쪽으로 향하는 힘이 발생하여 회전 운동(붉은색 화살표)을 할 수 있습니다. 코일이 회전하다가 정류자와 브러시가 접촉되지 않은 부분에서는 전류가 흐르지 않습니다. 전류가 흐르지 않지만 관성의 법칙에 의하여 코일은 회전하게 되고 다시 정류자와 브러시는 접촉하게 되면서 전류가 흐릅니다. 이 때, 코일의 위치는 바뀌지만 전류의 방향은 유지되어 있기에 연속적인 회전 운동을 할 수 있습니다.

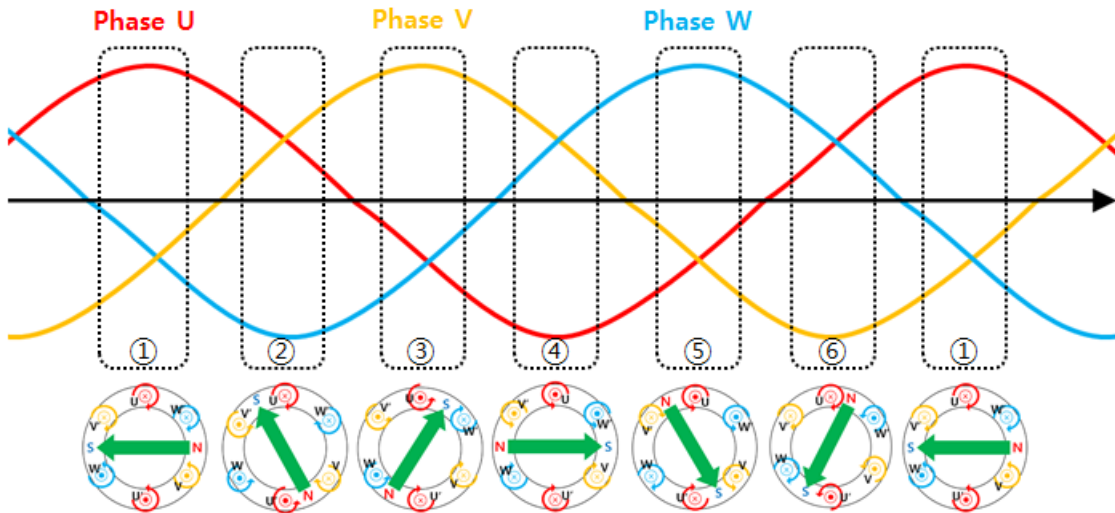
2.13. 모터의 상세 동작 원리 (유도 모터)

1) 유도 모터의 기본 구조



위의 그림은 2극 유도 모터 (Induction motor)의 기본 구조를 나타낸 것이며, 유도 모터에 인가되는 3상 교류 전원은 U과 U'과 같이 각각 U, V, W상들의 권선으로 이루어져 있습니다.

2) 회전 자계(Rotating Magnetic Field)의 형성

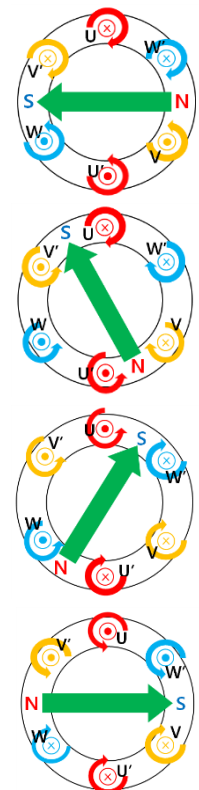


2극 전동기 기준으로 회전 자계의 형성 과정을 설명합니다.

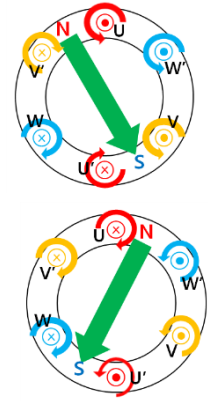
위의 그림과 같이 공간적으로 120°씩 떨어진 권선에 3상 교류 전원을 인가할 때, 코일에 의해 발생하는 합성 자계는 정해진 방향으로 일정 세기와 속도로 회전하여 자석이 회전하고 있는 것과 같은 상태라 하여 회전 자계라고 불립니다. 또한 총 6가지의 방향으로 회전 자계가 형성되는 것을 확인할 수 있습니다.

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Phase U	+	+	-	-	-	+	+
Phase V	-	+	+	+	-	-	-
Phase W	-	-	-	+	+	+	-

- ① U상 (+)극 -> U는 전류가 들어가는 방향, U'는 전류가 나오는 방향
V상 (-)극 -> V는 전류가 나오는 방향, V'는 전류가 들어가는 방향
W상 (-)극 -> W는 전류가 나오는 방향, W'는 전류가 들어가는 방향
앙페르의 법칙이 적용되어, 9시 방향으로 자기장 방향이 결정됩니다.
- ② U상 (+)극 -> U는 전류가 들어가는 방향, U'는 전류가 나오는 방향
V상 (+)극 -> V는 전류가 들어가는 방향, V'는 전류가 나오는 방향
W상 (-)극 -> W는 전류가 나오는 방향, W'는 전류가 들어가는 방향
앙페르의 법칙이 적용되어, 11시 방향으로 자기장 방향이 결정됩니다.
- ③ U상 (-)극 -> U는 전류가 나오는 방향, U'는 전류가 들어가는 방향
V상 (+)극 -> V는 전류가 들어가는 방향, V'는 전류가 나오는 방향
W상 (-)극 -> W는 전류가 나오는 방향, W'는 전류가 들어가는 방향
앙페르의 법칙이 적용되어, 1시 방향으로 자기장 방향이 결정됩니다.
- ④ U상 (-)극 -> U는 전류가 나오는 방향, U'는 전류가 들어가는 방향
V상 (+)극 -> V는 전류가 들어가는 방향, V'는 전류가 나오는 방향
W상 (+)극 -> W는 전류가 들어가는 방향, W'는 전류가 나오는 방향
앙페르의 법칙이 적용되어, 3시 방향으로 자기장 방향이 결정됩니다.



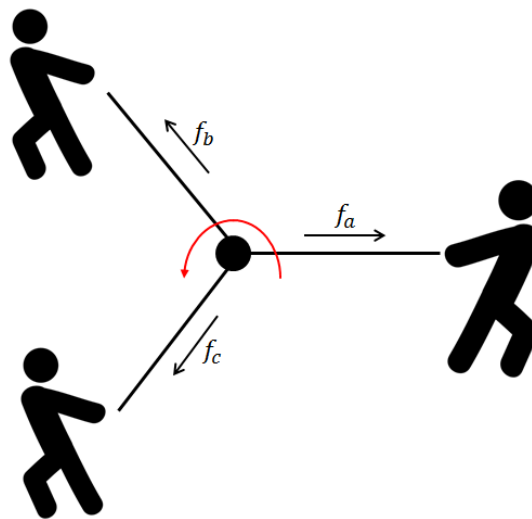
- ⑤ U상 (-)극 -> U는 전류가 나오는 방향, U'는 전류가 들어가는 방향
 V상 (-)극 -> V는 전류가 나오는 방향, V'는 전류가 들어가는 방향
 W상 (+)극 -> W는 전류가 들어가는 방향, W'는 전류가 나오는 방향
 앙페르의 법칙이 적용되어, 5시 방향으로 자기장 방향이 결정됩니다.
- ⑥ U상 (+)극 -> U는 전류가 들어가는 방향, U'는 전류가 나오는 방향
 V상 (-)극 -> V는 전류가 나오는 방향, V'는 전류가 들어가는 방향
 W상 (+)극 -> W는 전류가 들어가는 방향, W'는 전류가 나오는 방향
 앙페르의 법칙이 적용되어, 7시 방향으로 자기장 방향이 결정됩니다.



만약 3상 교류 전원이 입력되는 순서를 바꿀 경우, 모터의 회전 방향은 반대로 바뀌게 됩니다.

2-1) 회전자계의 물리적 이해

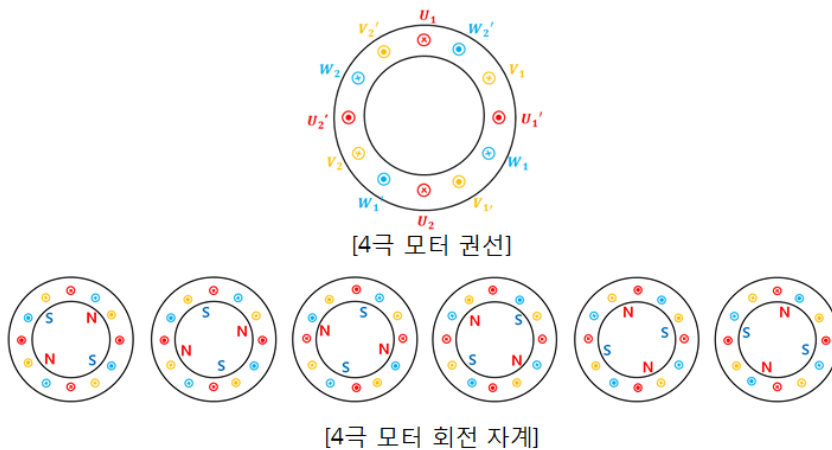
3상 교류전원으로 발생하는 회전 자계를 물리적으로 이해하기 쉽게 표현한 그림입니다.



3명의 사람이 한 개의 공을 끈으로 매어 120°씩 떨어진 위치에서 잡고 있을 때, 각각의 끈에 힘 $f_a = f \cos \omega_e t$, $f_b = f \cos(\omega_e t - \frac{2\pi}{3})$, $f_c = f \cos(\omega_e t + \frac{2\pi}{3})$ 을 인가하면 공은 회전 운동을 하게 됩니다. 세 힘이 정확하게 3상 대칭이 아닌 크기와 위상의 차이가 있다면 공은 그 정도에 따라 찌그러진 원 운동을 하게 됩니다. 유도 모터는 이러한 회전 자계의 원리를 근거로 하여 회전을 하게 됩니다.

2-2) 4극 유도 모터의 회전 자계

4극 모터는 2극 모터의 비해 권선의 비가 2배 증가하며, 그에 따라 회전 자계가 구성됩니다.



3) 아라고의 원판

① 아라고 ((Dominique Francois Jean Arago, 1786~1853)

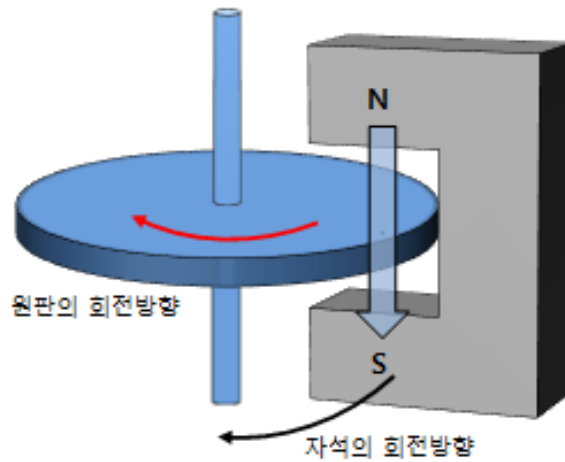
멤돌이 전류(Eddy Current)를 발견하여, 전자기학 연구를 개척한 프랑스 물리학자.

② 멤돌이 전류(Eddy current)

도체 내부에서 만들어지는 전류로, 도체 내부를 지나는 자기력 선속의 변화로 인하여 소용돌이 모양의 전류가 발생하는 것을 말합니다. 자석을 도체판 위에 이동시키면, 자기력 선속이 변하면서 멤돌이 전류가 발생합니다. 멤돌이 전류는 도체가 자기장의 변화에 저항하는 렌츠의 법칙에 의해 나타나며, 이 때 전류의 방향은 자기장의 변화에 반대되는 방향으로 발생합니다.

③ 아라고의 원판

유도 모터의 기본 개념은 1824년 아라고의 원판(Arago's disk)이라고 알려진 장치를 이용한 실험을 바탕으로 합니다. 이 실험은 영구 자석을 비자성체인 구리 원판 주위에 회전시키면, 자석의 이동 방향으로 원판이 회전한다는 결론을 가집니다. 이 현상은 구리 원판에 유도된 멤돌이 전류(Eddy Current)에 의한 것임이 확인되었습니다.



자석이 원판 주위를 회전하게 되면 렌츠의 법칙에 의해서 원판 내부에 자속이 변동하게 됩니다. 이로 인하여 유기 기전력이 발생하여 원판에 전류가 흐르게 됩니다. 이 전류의 방향은 자속의 변동을 방해하는 방향입니다. 이렇게 발생된 전류에 대해 플레밍의 왼손 법칙을 적용하면 힘의 방향이 결정되고, 그에 따른 원판의 회전 방향은 자석의 이동 방향과 같습니다.

④ 모터의 회전

유도 모터에서는 이를 회전 자계를 통하여 구현하였습니다. 고정자의 권선에 3상 전원이 인가가 될 경우, 회전 자계가 형성되어 아라고 원판의 영구 자석이 회전하는 것과 유사한 효과를 발생시키게 됩니다. 그로 인하여 회전자는 아라고 원판의 원판과 같이 고정자의 회전 자계의 방향과 동일한 방향으로 회전을 하게 됩니다.

유도 모터에서 회전자는 언제나 회전 자계의 동기속도 보다 느린 속도로 회전하게 됩니다. 그 이유는 회전자의 속도가 회전 자계의 속도와 같다면 유기 기전력이 발생하지 않아 회전자 도체에 전류가 흐르지 않고, 따라서 힘이 발생하지 않게 됩니다. 회전자의 속도가 회전 자계의 속도보다 느린 정도를 슬립(Slip)이라고 하며, 이는 부하가 커질수록 커지게 되어 회전자의 속도는 더욱 느려지게 됩니다.

2.14. 모터의 4상한 운전

모터가 기계적 부하를 구동하는 경우 에너지는 항상 전동기로부터 부하로 전달되는 것이 아니라 운전 상황에 따라 달라질 수 있습니다.

1) 역행(Motoring) vs 회생(Generating)

전동기가 발생하고 있는 토크의 방향으로 부하가 회전을 한다면 모터에서 부하로 에너지가 전달됩니다. 이 경우 모터는 역행 운전(Motoring mode)로 동작합니다. 반면에 전동기의 발생 토크 방향과 반대 방향으로 부하가 회전한다면 부하에서 모터로 에너지가 전달됩니다. 이 경우 부하가 전동기를 구동하게 되며, 전동기는 부하의 운동 에너지를 흡수하여 전기 에너지로 변환하는 회생 운전(Generating mode)로 동작하게 됩니다.

회생 운전에서의 동작은 모터가 부하를 제동하기 위하여 역 토크를 발생하는 경우에 이루어집니다. 이러한 제동 시에 부하 에너지는 발전기로 동작하는 모터를 통해 전기 에너지로 변환되는데, 이 에너지를 다시 전원 측으로 되돌리는 경우를 회생 제동(Regenerative Braking)이라고 하며 가장 효율적인 제동 방법입니다. 이에 비해 변환된 부하 에너지를 저항을 통하여 열 에너지로 소비하는 방법을 발전 제동(Dynamic Braking)이라고 하며, 효율은 떨어지지만 간단하고 저가로 구성할 수 있는 장점이 있습니다.

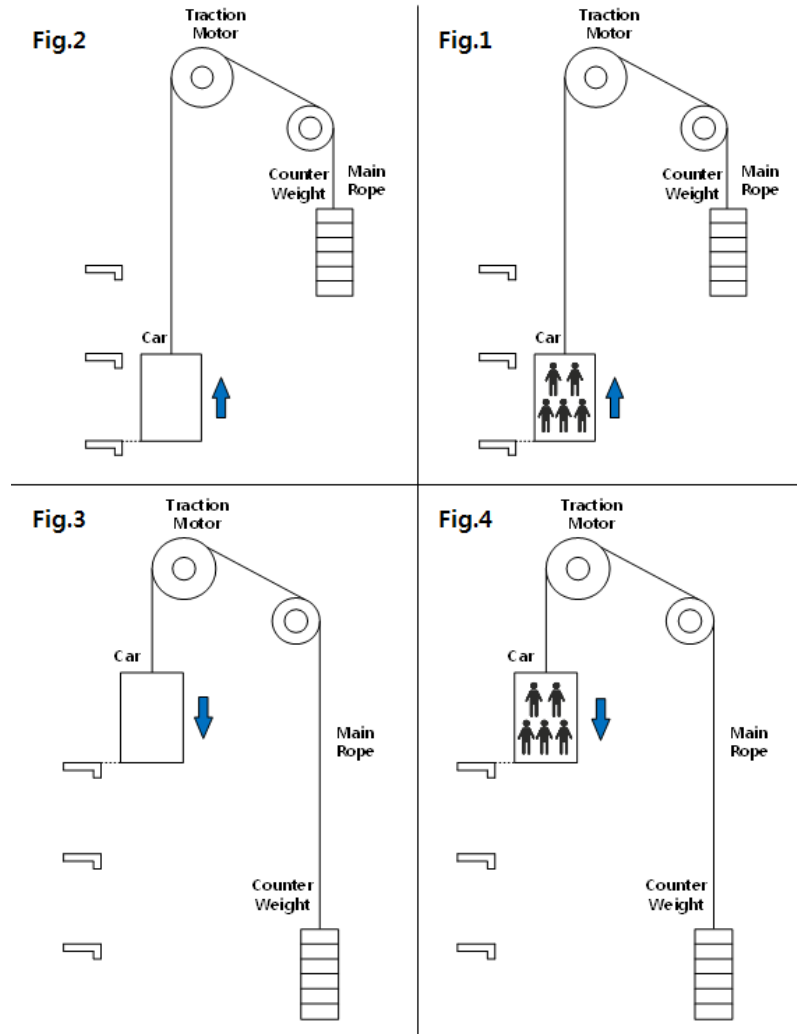
2) 4상한 운전이란

모터의 역행과 회생 운전은 역방향 회전 시에도 이루어집니다. 따라서 모터 구동 시스템은 아래와 같이 4가지 조건으로 나눌 수 있으며, 이를 4상한 운전 모드라고 칭합니다. 모터의 회전 방향은 일반적으로 부하 측에서 바라보았을 때 모터가 반시계 방향으로 회전하는 것을 정방향(Counter Clock Wise, CCW)라 정하고 있습니다.

1상한과 2상한은 각각 정방향 운전 시의 역행(Motoring)과 회생(Generating)을 말하며, 3상한과 4상한은 각각 역방향 운전 시의 역행과 회생 운전을 말하고 있습니다. 즉, 4상한 운전을 하기 위해서는 전동기의 토크를 정/역방향으로 제어해야 하며, 속도 또한 정/역방향으로 운전이 가능해야 합니다.

3) 엘리베이터 시스템의 4상한 운전

사람을 실어 나르는 엘리베이터 카(Car)는 로프(Rope)와 기어를 통해 모터와 연결되어 구동됩니다. 카의 구동 로프에 연결된 균형추(Counter weight)는 모터의 부하를 줄이는 역할을 하며, 이러한 카의 상승과 하강 동작에서 카와 균형추의 무게 차이에 의해 엘리베이터에서는 운전 조건이 변경될 수 있어, 4상한 운전이 모두 이루어집니다.



- Fig.1: 정방향 역행 운전 모드 (Forward Motoring mode)
 사람을 가득 태운 카를 상승시키는 경우로서, 균형추보다 무거운 카를 상승 운전하는 것을 말합니다. 카가 상승하는 정방향으로 (+)토크가 발생하게 됩니다.
- Fig.2: 정방향 회생 운전 모드 (Forward Generating mode)
 사람을 태우지 않은 카를 상승시키는 경우로, 균형추보다 가벼운 카를 상승 운전하는 것을 말합니다. 카가 상승하는 정방향으로 (-)토크가 발생하게 됩니다.
- Fig.3: 역방향 역행 운전 모드 (Reverse Motoring mode)
 사람을 태우지 않은 카를 하강시키는 경우로서, 균형추보다 가벼운 카를 하강 운전하는 것을 말합니다. 카가 하강하는 역방향으로 (-)토크가 발생하게 됩니다.
- Fig.4: 역방향 회생 운전 모드 (Reverse Generating mode)
 사람을 가득 태운 카를 하강시키는 경우로서, 균형추보다 가벼운 카를 하강 운전하는 것을 말합니다. 카가 하강하는 역방향으로 (+)토크가 발생하게 됩니다.

3. 인버터의 이해

3.1. 인버터의 정의

인버터는 전기적으로 DC(직류) 성분을 AC(교류) 성분으로 변환시켜주는 장치입니다. FA(Factory Automation)적으로는 상용 전원에서부터 전력을 입력 받아 장치 내에서 전압과 주파수를 가변시켜 모터에 공급함으로써 모터의 속도를 제어하는 장치, 즉, 전압과 주파수를 가변시켜 모터의 속도를 제어하는 장치입니다.

인버터는 여러 명칭을 가지고 있습니다. Inverter, AC Drive, VFD(Variable Frequency Drive), VVVF(Variable Voltage Variable Frequency), VSD(Variable Speed Drive)등 불리는 이름에서 알 수 있듯이 전압과 주파수를 가변시키는 장치임을 알 수 있습니다.

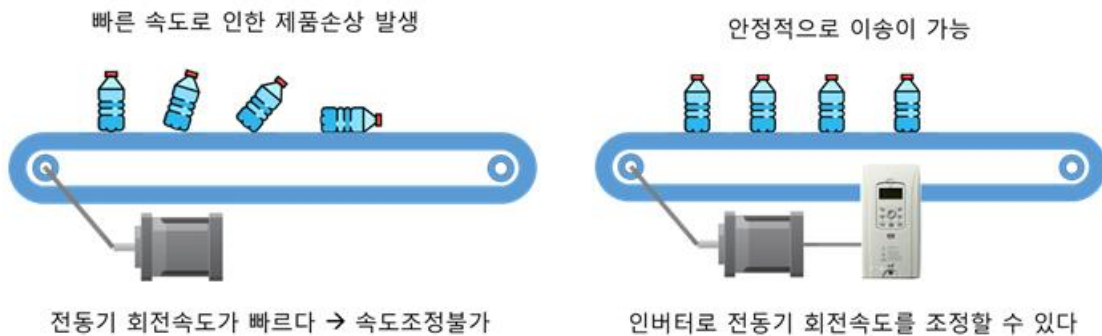
인버터를 사용하는 대표적인 부하는 2승저감 부하(VT)에 필요한 팬, 펌프, 압축기와 공장의 이송을 할 때 필요한 컨베이어, 강판 등을 전단하는 프레스 기계, 엘리베이터, 에스컬레이터, 크레인, 전선이나 면직을 감는 와인더 부하 등이 있습니다. 각 제품별로 특징이 다르기 때문에 부하에 맞는 제품을 선정하여야 합니다.



3.2. 인버터의 속도 제어

한전에서 공급하는 상용 전원(상용 주파수 60Hz)를 그대로 4극 모터에 공급하면 모터는 최대 속도인 1,800rpm으로 회전합니다. 인버터를 사용한다면 주파수를 변화시키며, 공급 할 수 있기에 모터의 속도를 변경하여 사용할 수 있습니다. 단, 이 속도는 슬립을 제외한 동기 속도를 말합니다.

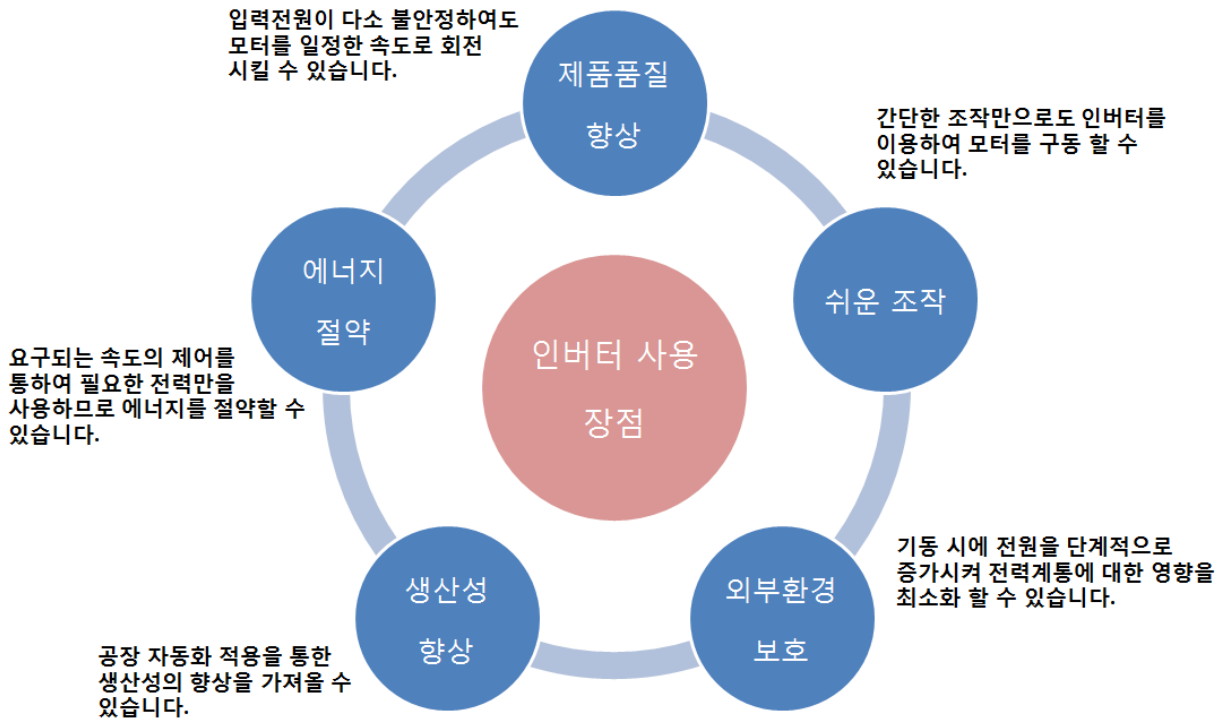
예) 출력 주파수가 1Hz라고 하면, 모터는 30rpm으로 회전하게 됩니다.



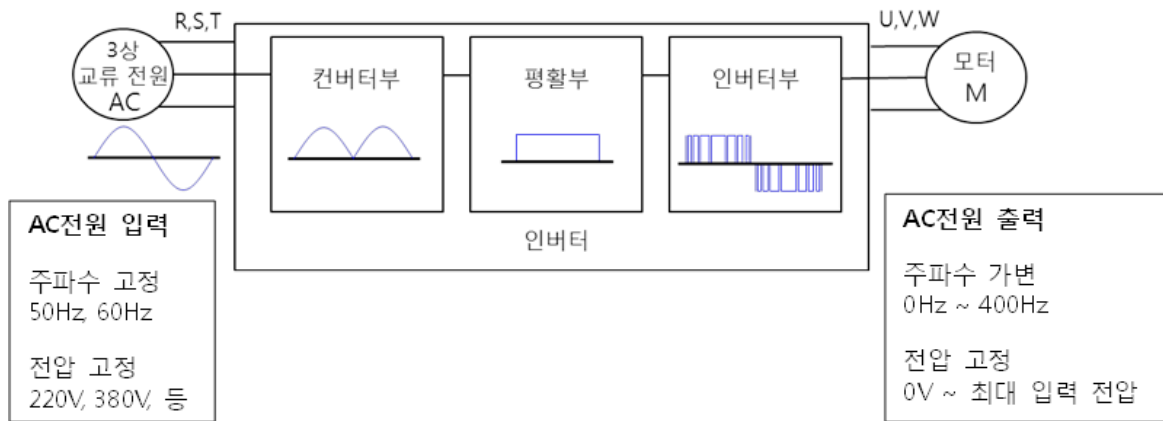
$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

N_s : 동기 속도
 f : 주파수
 P : 모터 극 수

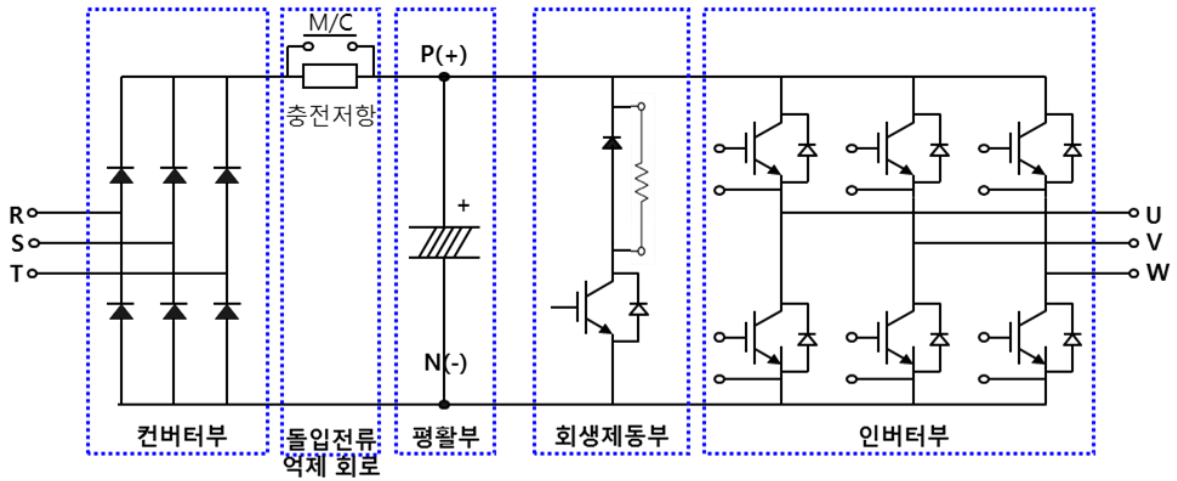
3.3. 인버터의 사용 이점



3.4. 인버터의 구성



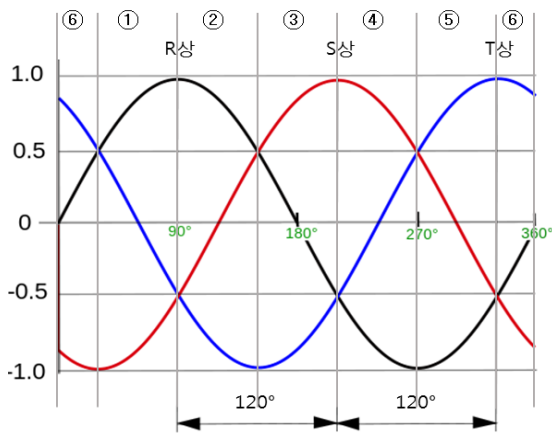
인버터의 사전적 정의는 직류(DC)를 교류(AC)로 변환시키는 것입니다. 하지만 인버터 내부의 프로세스는 컨버터부, 평활부, 인버터부 3가지로 나뉘어 있습니다. 컨버터부에서는 변압기로부터 들어오는 3상 교류 전원을 직류로 변환시키고, 평활부에서는 직류로 변환된 전압을 부드럽게 만들어 줍니다. 인버터 부에서는 평활된 직류 전압을 스위칭 소자를 통하여 교류 전압으로 만들어 모터에 공급합니다.



인버터는 컨버터부, 돌입전류 억제 회로부, 평활부, 회생제동부, 인버터부로 구성되어 있습니다. 컨버터부에서는 인버터에 입력되는 AC의 상용 전원을 다이오드를 통해 DC로 정류시켜 줍니다. 돌입전류 억제 회로부에서는 전압을 처음 인가 할 때 급작스럽게 높은 전류가 발생하는데 이는 인버터에 손상을 주기 때문에 충전 저항을 통하여 전류를 감소시켜 줍니다. 평활부는 캐패시터를 통해 정류된 전압의 리플을 줄여주는 역할을 합니다. 회생 제동부는 전동기가 감속 및 정지할 때 발생하는 회생 전압을 저항을 통해 소비시켜 캐패시터를 보호합니다. 인버터부에서는 스위칭 소자 IGBT를 이용하여 직류 전압을 교류 전압으로 만듭니다.

3.5. 인버터 회로 구성

1) 컨버터부



컨버터부에서는 3상(R, S, T) 전압을 회로를 통해 정류시킵니다.

R상, S상, T상의 위상은 각 120°씩 차이가 있어 매 순간 전위차가 발생합니다. 전압은 전위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르게 됩니다. 위상차와 이로 인한 전위차를 고려하였을 때 컨버터부의 전압은 다음과 같이 흐르게 됩니다.

구간①에서 R상의 전위가 제일 높고, S상의 전위가 제일 낮으므로 다이오드 1→5로 흐릅니다. DC Link 단에 걸리는 전압은 구간①에서의 R상과 S상의 전위차입니다.

구간②에서 R상의 전위가 제일 높고, T상의 전위가 제일 낮으므로 다이오드 1→6로 흐릅니다. DC Link 단에 걸리는 전압은 구간②에서의 R상과 T상의 전위차입니다.

인버터 이론

구간①: R-S, 다이오드 1→5

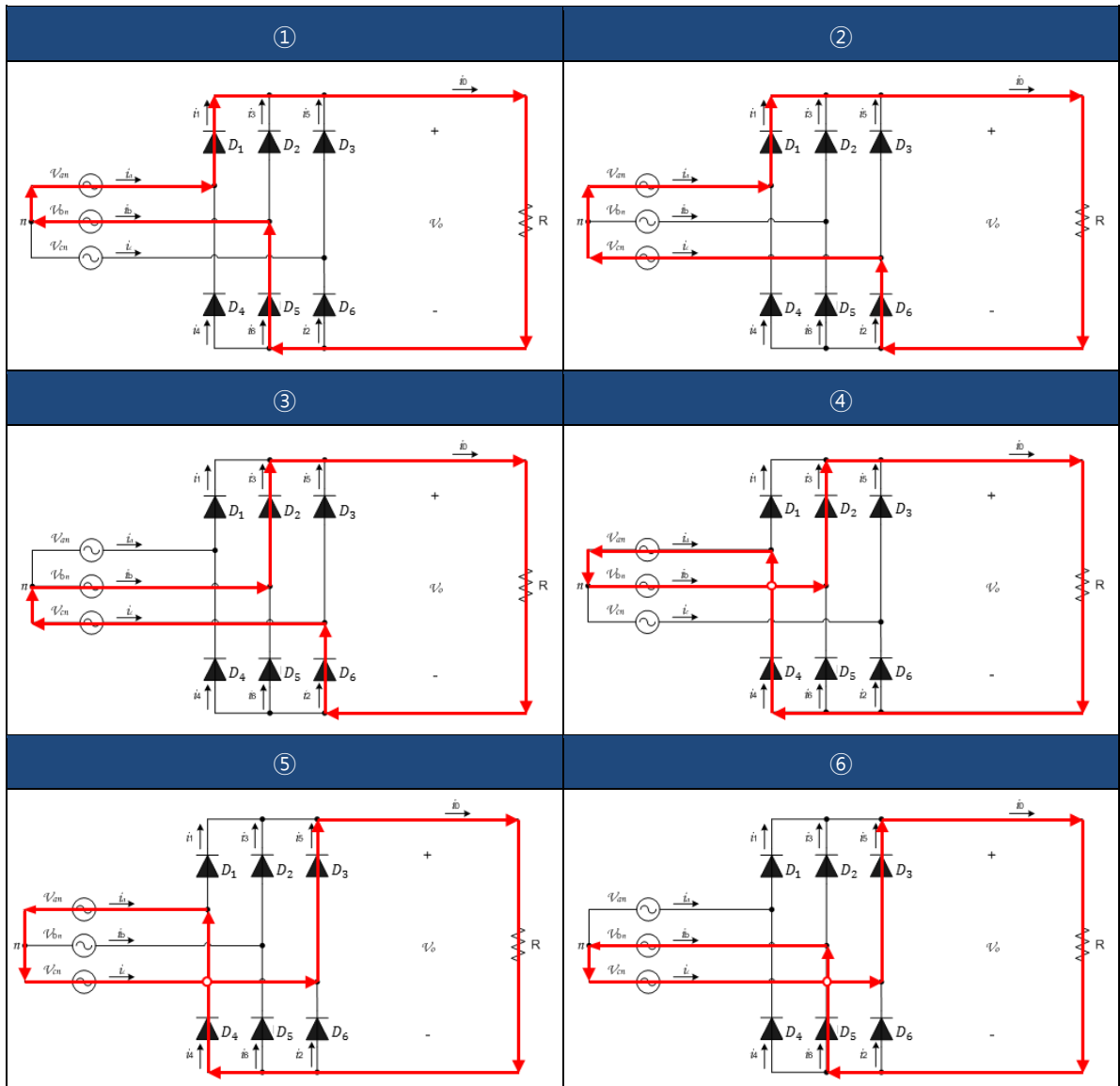
구간③: S-T, 다이오드 2→6

구간⑤: T-R, 다이오드 3→4

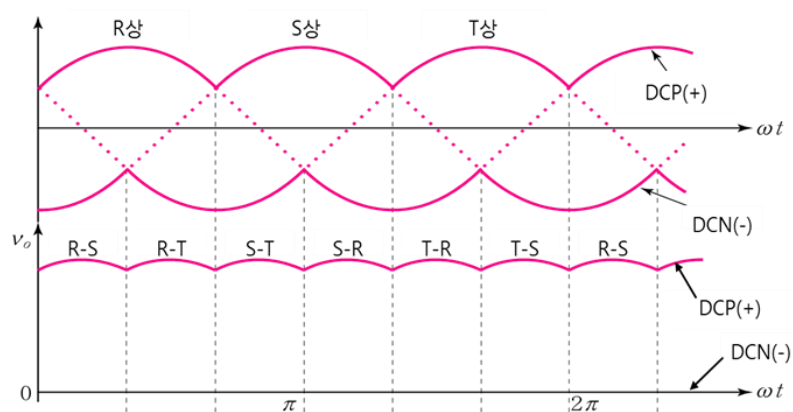
구간②: R-T, 다이오드 1→6

구간④: S-R, 다이오드 2→4

구간⑥: T-S, 다이오드 3→5



DC-Link 양단에 걸리는 전압



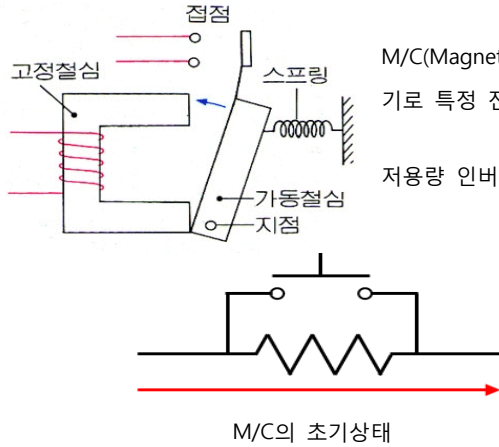
DCP(+)-단과 DCN(-)-단에 걸리는 전압은 각 구간별 양단의 차입니다.

DCN(-)-단의 전압은 0V가 아니라 AC 전압의 (-)양 만큼 흐르고 있으므로 주의가 필요합니다.

2) 돌입전류 억제 회로

전원을 처음 인가할 때 생기는 큰 돌입전류를 저항을 통해 저감시킵니다.

돌입전류: 전자기기의 전원이 켜질 때, 정격 전류의 10배 이상의 크기로 순간적으로 입력되는 전류입니다. 돌입전류가 생기는 원인은 방전된 콘덴서, 전열기 같은 경우 저항의 온도(온도가 올라가면 저항이 높아져 전류가 낮아짐), 모터의 기동전류 등이 있습니다.

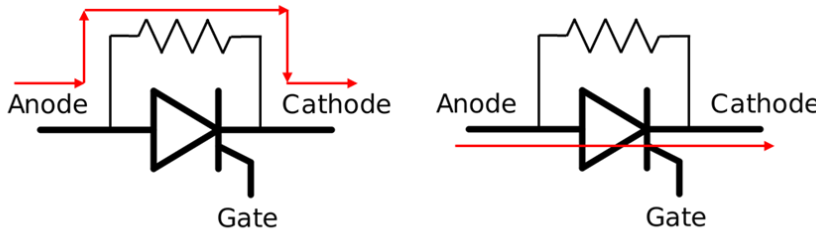


M/C(Magnetic Contactor): 돌입전류로 인한 기기의 손상을 막기 위한 전자 접촉기로 특정 전원 이상 충전이 되면 고정철심이 전자석이 되어 접촉됩니다.

저용량 인버터의 돌입전류 억제 회로에 사용됩니다.

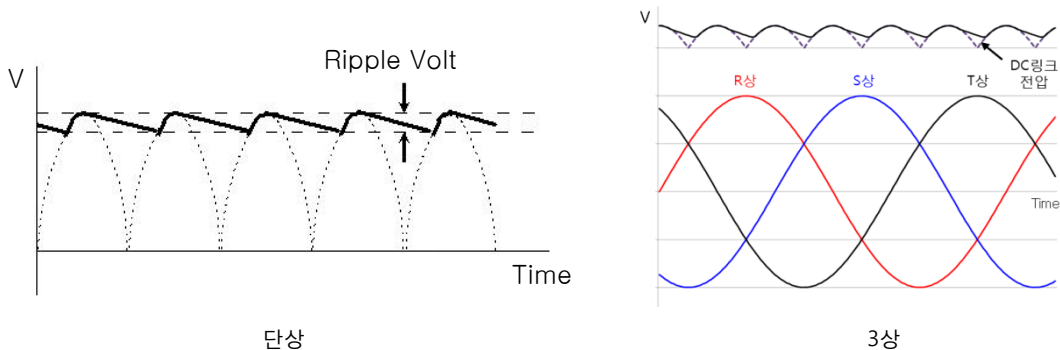
초기상태의 M/C는 릴레이를 떨어뜨린 상태로 설계되어 초기 돌입전류가 저항을 통해 나가도록 하여 돌입전류를 억제시킵니다. 돌입전류가 점차 줄어들어 DC링크의 전압이 Low Voltage 레벨에 도달하게 되면 릴레이가 부착됩니다. 정상상태에 도달했을 때 전류는 저항을 통해 나가지 않고 부착된 릴레이를 통해 흐르게 됩니다.

SCR(Silicon Controlled Rectifier): 실리콘 제어 정류소자를 말하며 사이리스터(thyrisor)라고도 합니다. 비교적 대전류, 고전압에서도 제어할 수 있어 대용량 인버터에 사용됩니다. 초기 돌입전류는 SCR을 지나지 않고 옆에 저항을 통해 억제됩니다. 이후 돌입전류가 줄어들면 Gate쪽에 신호를 주어 전류가 SCR쪽으로 흐르게 만듭니다.



3) 평활부

컨버터부에서 정류된 맥류파형의 전압을 콘덴서로 평활하게 만들어 DC 전압을 저장합니다.

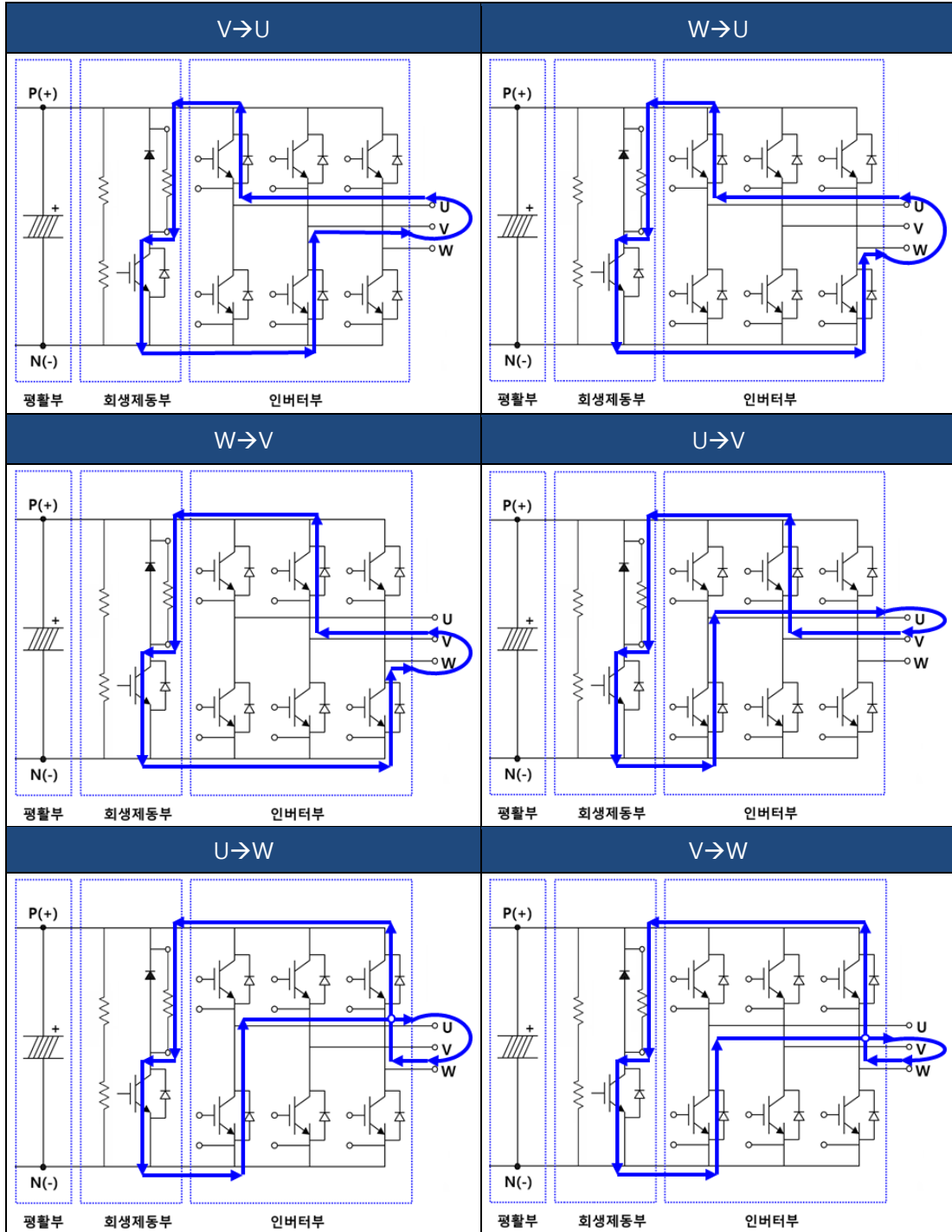


4) 회생제동부

모터로부터의 회생에너지가 평활부의 콘덴서로 유입하여 소손되는 것을 피하기 위해 제동 저항으로 전압을 강하시킵니다.

회생에너지란 모터가 감속 또는 정지할 때 관성으로 인해 발전기 역할을 하여 발생시키는 에너지입니다.

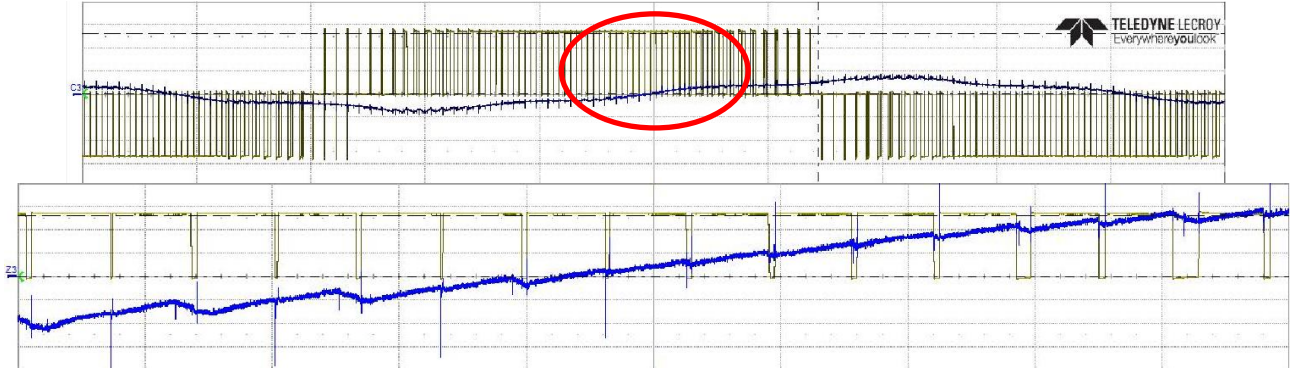
모터가 제동할 경우 전동기가 발전기 역할을 하게되면서 전압이 발생하게 됩니다. 회생에 의해 발생한 전압을 회생 전압이라 부르고, 이 전압은 기존의 전압과 합쳐져 DC-Link 양단의 전위차를 증가시킵니다. DC-Link 양단의 전압이 캐패시터의 용량보다 높게 된다면 캐패시터의 소손이 일어나게 됩니다. 이를 막기 위하여 회로에 제동저항을 설계하여 전압을 강하시킵니다.



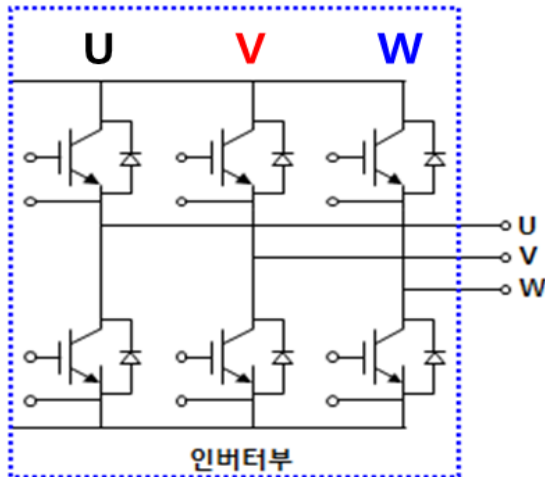
5) 인버터부

평활된 DC 전압을 PWM(Pulse Width Modulation)방식을 통하여 AC 전압으로 만들어 줍니다.

PWM이란 트랜지스터, IGBT, GTO 등의 스위칭 소자를 이용해 디지털 신호의 Duty를 제어하여 아날로그 신호를 만드는 방식입니다. 인버터 내부에 프로그램으로 IGBT의 ON/OFF를 반복적으로 스위칭 하면서 동작하는 구간의 비(Duty)를 조절하여 AC 전압을 만듭니다. 프로그램 상에서 ON/OFF의 시간을 조절하여 각 U, V, W상의 위상차를 만들어 3상 교류를 출력합니다. 이 때의 전류는 Duty가 높은 구간 즉, 스위칭 소자의 상태가 Off보다 On일 때가 많은 구간에서는 전류가 증가하고 Duty가 낮은 구간에서는 전류가 감소하게 됩니다. 이러한 방식을 통해 정현파에 가까운 전압, 전류를 출력할 수 있습니다.

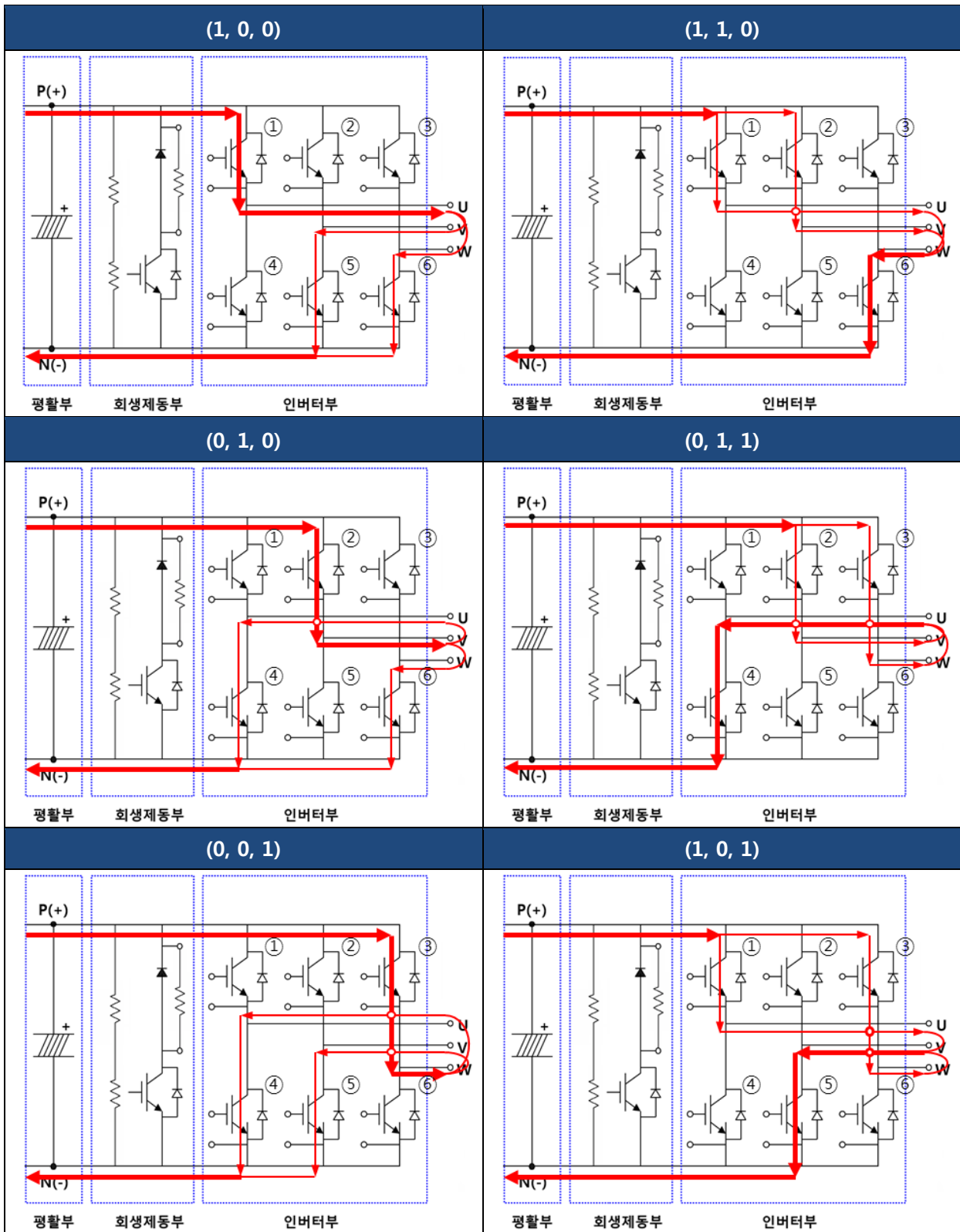


iGBT가 작동하는 모드는 총 8가지가 있습니다.



각 상에는 2개의 iGBT가 연결되어 있습니다. 2개의 iGBT가 동시에 ON될 경우와 OFF될 경우는 없습니다. 동시에 ON될 경우 IGBT가 암(arm)단락이 되어 소손되고, OFF될 경우 데드타임이기 때문에 고려하지 않습니다.

위 IGBT가 ON, 아래 IGBT가 OFF 인 경우를 1,
 위 iGBT가 OFF, 아래 IGBT가 ON 인 경우를 0이라 한다면 아래와 같이 나타내게 됩니다.



3.6. 부하의 종류

부하의 종류에는 특성에 따라 3가지로 분류됩니다.

1) 중부하: 정토크 특성(CT: Constant Torque / HD: Heavy Duty)

모터의 회전 속도는 변하지만 필요로 하는 토크는 항상 일정한 부하. (Ex. 컨베이어, 엘리베이터, 인쇄기 등)

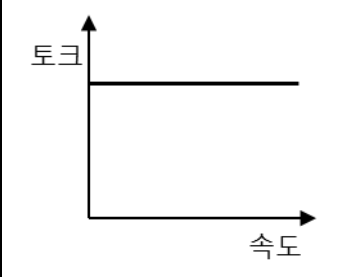
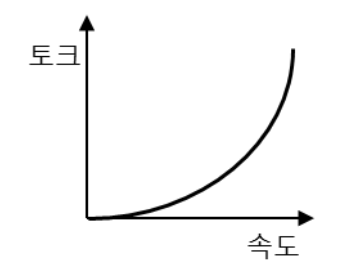
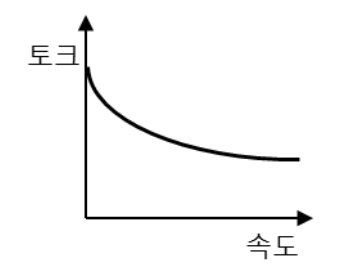



2) 경부하: 2승 저감 토크 특성(VT: Variable Torque, ND: Normal Duty)

토크가 속도의 2승에 비례하여 증가하는 특성을 가진 부하입니다. (Ex. 팬, 펌프, 블로워)

※ 모터의 부하가 경부하일 경우 중부하에 적용할 전동기 용량보다 한 단계 낮은 용량의 인버터 사용이 가능합니다

3) 정출력 (CP: Contant Power)

모터의 회전 속도에 따라 필요로 하는 토크는 감소하는 부하. (Ex. 와인더, 공작기계 등)

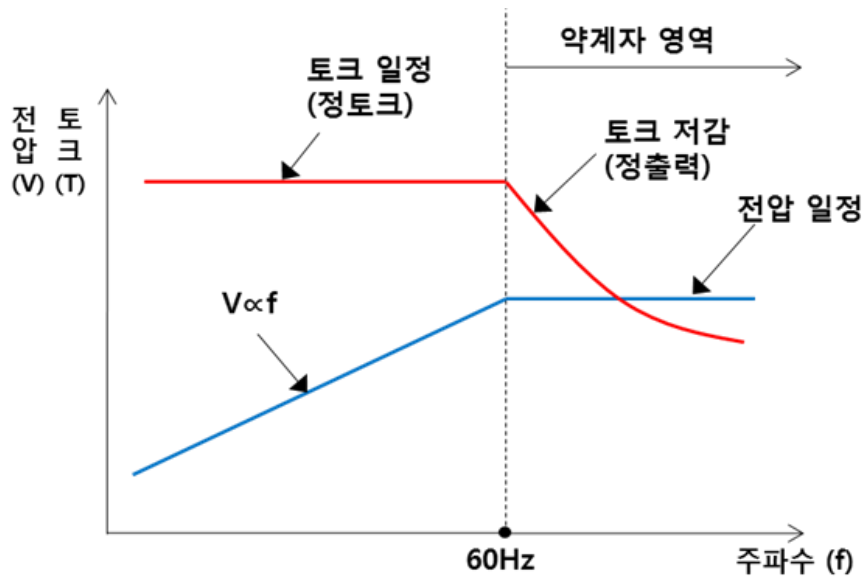
정토크 특성	2승 저감 토크 특성	정출력 특성
		
		
엘리베이터	팬	와인더

※ 인버터에 전동기의 부하가 경부하일 경우 중부하에 적용할 전동기 용량보다 한 단계 낮은 용량의 인버터 사용이 가능합니다

4) 인버터의 출력 정격

인버터로부터 출력되는 전원은 대부분의 경우 전동기(모터)로 입력됩니다. 인버터에 사용되는 전동기는 정격 전류가 명시되어 있습니다. 출력되는 전류가 전동기의 정격 전류보다 높을 경우 전동기에 소손이 일어나기 때문에 인버터에서 이를 보호하기 위해 출력 정격 전류를 설정하고 있습니다.

출력 주파수는 제어 모드에 따라 상이합니다. V/F 모드의 경우 0~400Hz까지 출력할 수 있고 센서리스-2, 벡터 모드의 경우에는 0~120Hz까지 출력할 수 있습니다. 이러한 차이가 발생하는 이유는 인버터 자체가 유도 전동기를 작동시키기 위해 사용하기 때문입니다. 유도전동기는 교류 전원을 입력하여 전동기 내부에서 자기장을 만들어 회전자계를 만들게 됩니다. 유도전동기의 회전자가 이 회전자계에 의해 회전할 때 부하에 따라 슬립이 발생하게 됩니다. 슬립이란 전동기의 회전자가 회전자계의 속도를 따라가지 못하는 것을 말합니다. 벡터 제어를 사용하는 이유는 토크 확보를 위함입니다. 하지만 전동기가 최적의 성능을 낼 수 있는 기저 주파수를 능가하는 60Hz이상의 주파수가 출력하는 영역에서는 출력 토크를 보장하지 못하게 되어 벡터 제어를 하지 못하게 되는 것입니다. 주파수 설정 영역을 0~120Hz로 둔 것은 120Hz까지 어느 정도 토크를 보장한다는 뜻입니다. V/F 모드에서의 주파수는 0~400Hz의 값으로 설정할 수 있습니다. 토크가 비교적 보장되지 않아도 되는 부하의 경우(Ex. 공작기계의 스피들 모터)에 400Hz까지 사용합니다.

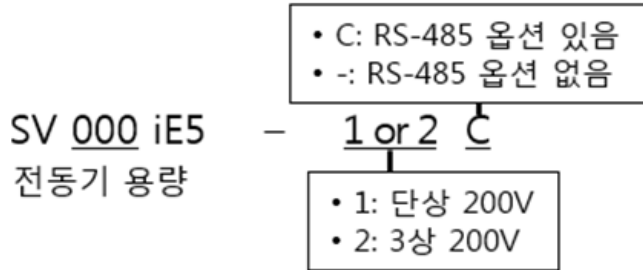


출력 전압은 입력 전압보다 높을 수 없습니다. 그 이유는 입력되는 전압이 인버터 내부의 회로, 임피던스로 인해 감소하기 때문입니다.

3.7. 인버터 제품별 개요

1. iE5_초소형 경제형 드라이브

1.1. 형명



1.2. 적용 모터 용량

단상 200V: 0.1kW ~ 0.4kW

3상 200V: 0.1kW ~ 0.4kW

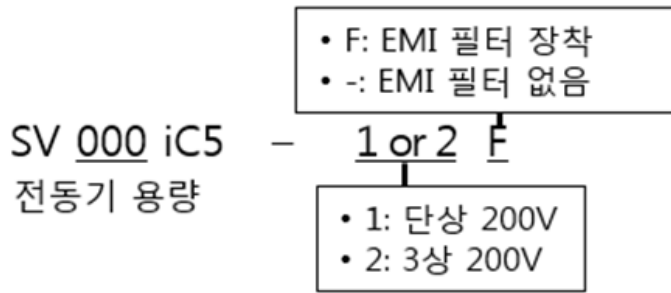
200V 급 제품만 생산합니다.

1.3. 특징

- 동일 용량 대 자사 인버터 제품 중 최소 사이즈입니다.
- 단순 V/F 제어 전용 제품으로 센서리스 벡터 제어를 제공하지 않습니다.
- 볼륨 저항을 내장하여 아날로그 지령으로 주파수 조절할 때 용이합니다.
- 전원 입력 단자를 인버터 상단에, 전원 출력 단자를 인버터 하단에 설계하여 M/C를 대체할 수 있습니다.
- 냉각 팬이 없는 제품으로 0.4kW까지 출시하였습니다. 냉각 팬이 없기 때문에 팬 수명에 대한 관리가 불필요합니다.
- 로더 일체형 제품이며, 일반형과 통신형 제품이 출시되었습니다. 통신형은 PCB에 바로 통신을 가능케 하도록 설계되었습니다.
- 출력 최대 주파수가 200Hz로 제한되어있어 운전범위가 작고, 캐리어 주파수도 10kHz까지 설정 가능합니다.

2. iC5_초소형 범용 드라이브

2.1. 형명



2.2. 적용 모터 용량

단상 200V: 0.4kW ~ 2.2kW

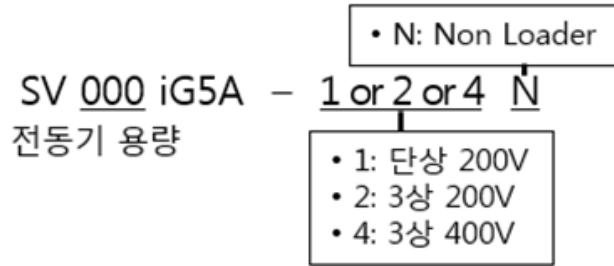
3상 200V: 0.4kW ~ 0.75kW

2.3. 특징

- 유럽 시장에 대응하기 위해 단상 전용으로 제품을 출시하였습니다.
3상 제품은 국내 전용 제품으로 출시하였으나 현재 단종되었습니다.
- 자사 최초의 EMC 필터 내장형 제품인 동시에 소용량 최초 센서리스 벡터 제어-1 내장형 제품입니다.
- 불륨 저항을 내장하여 아날로그 지령으로 주파수 조절할 때 용이합니다.
- 조이스틱형 편집 키를 적용하여 파라미터 입력 시에 편리성을 증대하였습니다.
- Modbus-485 통신(Modbus-RTU)이 별도 옵션으로 제공됩니다.
- 3자리의 7-Segment Display를 통하여 원가를 절감하였습니다.
- 파라미터 Copy 유닛이 별도로 제공됩니다.
- 제동 IGBT 가 내장되어 있지 않습니다.

3. iG5A_경제형 Intelligent 드라이브

3.1. 형명



[표준 타입]



[필터 타입]



[필터 타입
+통신 타입]

3.2. 적용 모터 용량

단상 200V: 0.4kW ~ 1.5kW

3상 200V: 0.4kW ~ 22kW

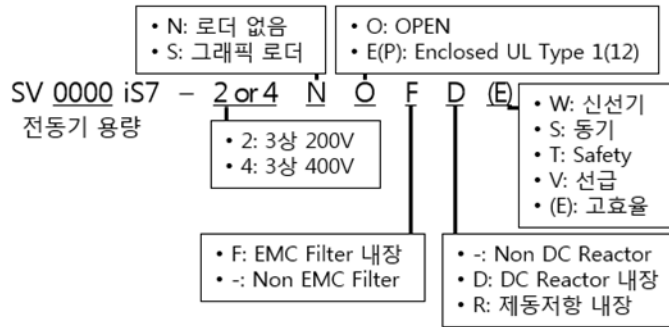
3상 400V: 0.4kW ~ 22kW

3.3. 특징

- 경제형 소형 제품(0.4~3.7kW), 표준형 제품(5.5~22kW)을 출시하여 범용적으로 사용할 수 있습니다
- 자사 인버터 제품 중 최대 판매 및 최대 수익 모델입니다.
- 냉각 팬이 착탈식으로 설계되어 교체에 용이합니다.
- 소용량 제품에 제동 초퍼를 내장하여 회생 에너지를 열 에너지로 소비시킵니다.
- 4방향 편집 키를 적용하여 파라미터 입력을 편리하게 하였습니다.
- 로더 일체형, Remote 옵션을 통해 파라미터 카피 기능을 제공합니다.
- 소용량 제품 중 출력 전류 센서(CT)를 적용하여 정밀한 출력 전류 검출이 가능합니다.
- 센서리스 벡터-1 기능을 제공합니다.
- Footprint type EMC 일체형 및 단상 전용 제품 보유하고 있습니다.

4. iS7_차세대 표준 범용 드라이브

4.1. 형명



4.2. 적용 모터 용량

3상 200V: 0.75kW ~ 75kW

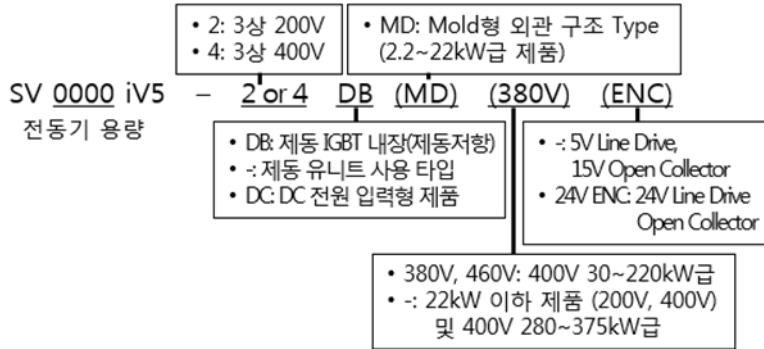
3상 400V: 0.75kW ~ 375kW

4.3. 특징

- 고성능의 제품인 동시에, Dual Rating(일반 부하, 팬·펌프 부하)을 제공하고, 넓은 용량대의 모터를 제어할 수 있는 LS인버터 표준의 제품입니다.
- 기본적으로 센서리스 벡터 제어-1, 2를 제공합니다.
- Graphic LCD Keypad를 적용하여 사용자의 편의성을 증대시켰습니다.
- 다양한 옵션을 통하여 고객이 원하는 기능을 맞춤형으로 선택할 수 있습니다.
- 전자파 감쇄를 위한 EMC 필터를 내장 옵션으로 제공합니다. (0.75kW ~ 22kW)
- DC 리액터 장착형 제품은 DC 리액터가 내장형으로 따로 연결이 필요 없습니다. (200V 급: 0.75kW ~ 22kW, 400V 급: 0.75kW ~ 220kW)
- 제동 저항 유닛을 내장하여(제동 저항기 제외) 회생 에너지로 인한 과전류를 방지합니다. (0.75 ~ 22kW) 30kW 이상은 별도의 제동 유닛을 인버터 외부에 설치해야 합니다.
- Flange 옵션을 제공하여 제품 설치 공간이 협소할 경우 Heatsink를 판넬 외부로 설치 가능합니다.

6. iV5_고성능 벡터 드라이브

6.1. 형명



6.2. 적용 모터 용량

3상 200V: 2.2kW ~ 37kW

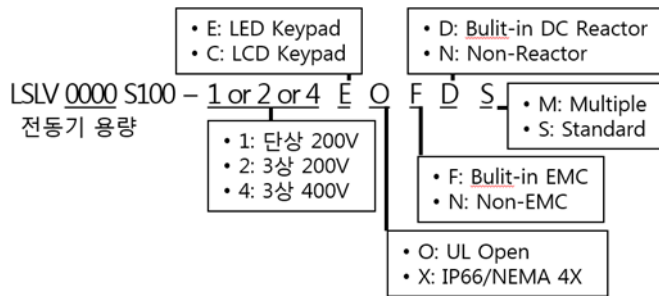
3상 400V: 2.2kW ~ 800kW

6.3. 특징

- 벡터 전용 제품으로 엘리베이터, 연동제어 등 정밀 고성능 부하에 적용하는 제품입니다.
- ELIO 를 통해 엘리베이터 운전에 최적 기능을 제공합니다 (층고 측정, 승차감 개선 외)
- Incremental, SIN/COS, Endat 등 다양한 엔코더 사용이 가능합니다.
- 보조 전원 옵션을 통해 정전 시 제어기 구동이 가능합니다.
- 박형 제품을 보유하여 MRL (Machine Room Less) 형태 엘리베이터 적용이 가능합니다.
- 연동 라인의 회생 전원 처리를 위하여 DC 입력형 제품을 제공합니다.
- 엘리베이터, 크레인 시스템과 같은 수직 부하처럼 추락의 위험성이 있는 부하에 브레이크 제어 기능을 탑재하고 있습니다.

7. S100_고성능 Standard 드라이브

7.1. 형명



7.2. 적용 모터 용량

단상 200V: 0.4kW ~ 2.2kW

3상 200V: 0.4kW ~ 15kW

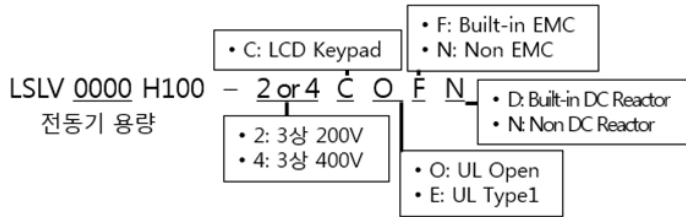
3상 400V: 0.4kW ~ 22kW

7.3. 특징

- 초소형의 사이즈로 고성능의 제품인 동시에, Dual Rating(일반 부하, 팬·펌프 부하)을 제공하는 제품입니다.
- 제품 간 설치 간격을 최소화하여 다수의 드라이브를 설치할 때, 설치 공간을 줄일 수 있습니다.
- Flange 옵션을 제공하여 제품 설치 공간이 협소할 경우 Heatsink를 패널 외부로 설치 가능합니다
- 멀티 키패드 기능으로 내장형 RS485 통신으로 연결된 다수의 드라이브를 iS7 LCD 키패드를 사용하여 간편하게 파라미터를 설정할 수 있습니다.
- 제동 저항 유닛을 내장하여(제동 저항기 제외) 회생 에너지로 인한 과전류를 방지합니다.
- EMC 필터가 내장되어 있는 제품으로 나왔습니다.
단상 200V: 0.4kW ~ 2.2kW (C2)
3상 400V: 0.4kW ~ 45kW (C3)
3상 400V 급 55 ~ 75kW 제품은 EMC 필터가 내장되어 있지 않으나 기본적으로 C3 규격을 만족합니다.
- DC 리액터가 제품 기본 내장으로 출시되었습니다. (400V 급 30kW ~ 75kW)

8. H100_HAVC 전용 드라이브

8.1. 형명



8.2. 적용 모터 용량

3상 200V: 5.5kW ~ 18.5kW

3상 400V: 5.5kW ~ 500kW

8.3. 특징

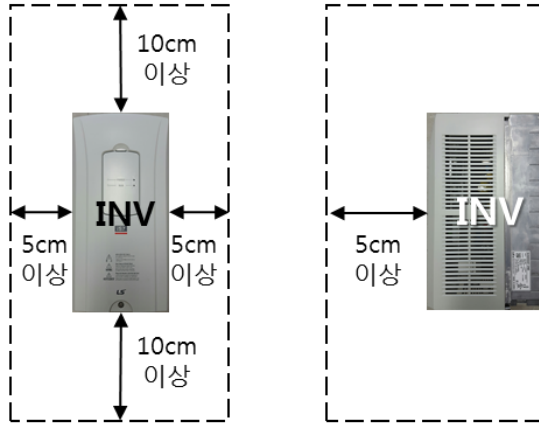
- HVAC(공조기) 전용으로 출시된 제품으로 Normal Duty(VT) 전용으로 개발되었습니다.
- HVAC, Pump 전용 기능을 탑재하였습니다. (MMC, Pump Clean, 유량보상, 예약운전 외)
- Advance Torque Boost 기능으로 고기동 토크를 제공합니다. (센서리스 벡터 제어 없음)
- 제품간 설치 간격을 최소화하여 다수의 드라이브를 설치할 때, 설치 공간을 줄일 수 있습니다.
- Flange 옵션을 제공하여 제품 설치 공간이 협소할 경우 Heatsink를 패널 외부로 설치 가능합니다
- EMC 필터가 내장되어 있는 제품으로 나왔습니다.
3상 400V: 5.5kW ~ 30kW 기본 내장
3상 400V: 5.5kW ~ 55kW 내장 옵션(75kW ~ 90kW는 EMC 필터 없이도 규격 만족합니다.)
- DC 리액터가 제품 기본 내장으로 출시되었습니다. (400V 급 37kW ~ 90kW)

3.8. 인버터 설치

1. 설치

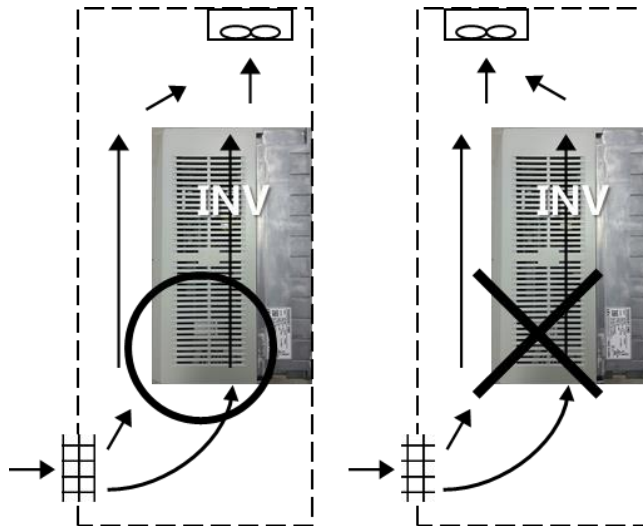
인버터의 수명은 주위온도에 큰 영향을 받습니다. 얼음이나 성에 등이 없는 조건에서 주위온도가 다음의 허용온도를 넘지 않는 곳에서 설치해야 합니다.

CT(Heavy Duty)부하 시: -10~50°C, VT(Normal Duty)부하 시: -10~40°C (iS7 기준)



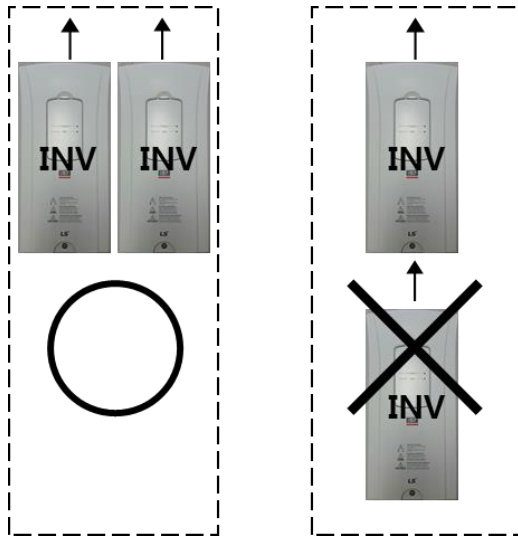
인버터의 온도를 고려하여 패널 내부에 인버터를 설치하는 경우 인버터 설치 위치에 주의해야 합니다.

위아래로는 10cm정도, 앞과 양 옆은 5cm정도 여유공간이 있어야 합니다.



환풍기의 위치, 공기의 흐름을 고려하여 인버터를 설치해야 합니다.

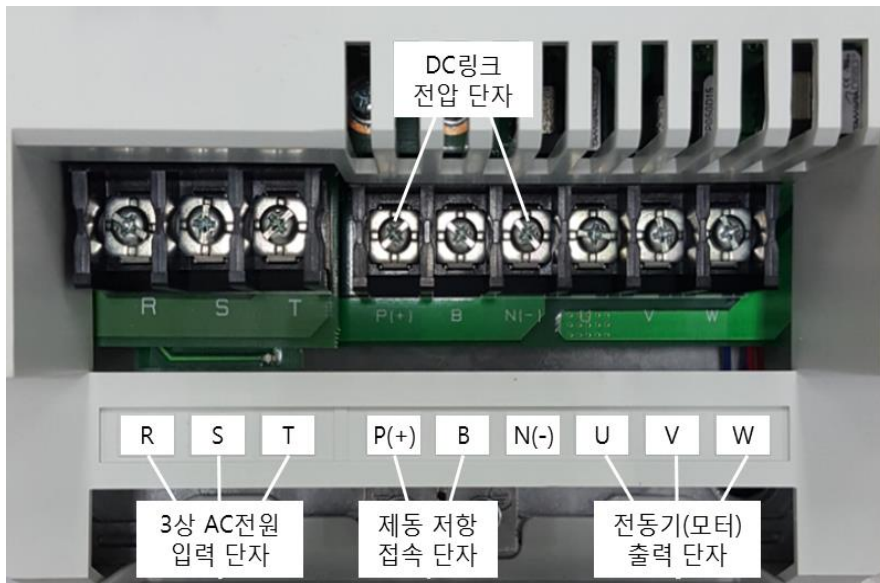
인버터는 냉각 팬으로 공기를 위쪽방향으로 흐르게 하므로 인버터 위쪽에 환풍기가 위치해야 합니다. 오른쪽 그림과 같은 경우 인버터로부터 가열된 공기가 바로 배출되지 않아 패널 내부의 온도가 증가합니다.



판넬 내부에 여러 대의 인버터를 설치 할 경우에 수직으로 설치한다면 아래의 인버터로부터 가열된 공기가 인버터의 냉각 팬에 의해 위쪽으로 이동하게 됩니다. 가열된 공기는 위쪽 인버터에 영향을 줍니다.

따라서 여러 대의 인버터를 판넬 내부에 설치할 경우 수평으로 위치시켜 설치해야 합니다.

2. 배선(iS7 5.5kW)



전원 단자대는 모델 별, 용량 별 상이합니다. 전원 단자대의 R, S, T는 3상 AC 전원 입력 단자, U, V, W는 인버터로부터 전압이 출력되는 단자입니다. 보통 인버터는 전동기를 돌리기 위해 사용 됩니다.

전동기의 회전방향이 반대일 경우에 U, V, W상 중 두 개의 배선을 바꾸면 회전방향이 반전됩니다. 그 이유는 1.4절에 유도전동기의 회전자계 형성과 관련이 있습니다. 유도 전동기에 감긴 권선은 변하지 않지만 입력되는 권선에 흐르는 3상 교류의 순서가 바뀌기 때문에 회전자계가 반대로 생성되게 됩니다.

P(+)-단자와 N(-)단자의 전위차는 DC-Link 전압을 나타냅니다. 제동 저항을 설치 할 때는 P(+), B 단자에 배선해야 합니다. 모델 별, 용량별로 상이하므로 주의가 요구됩니다.

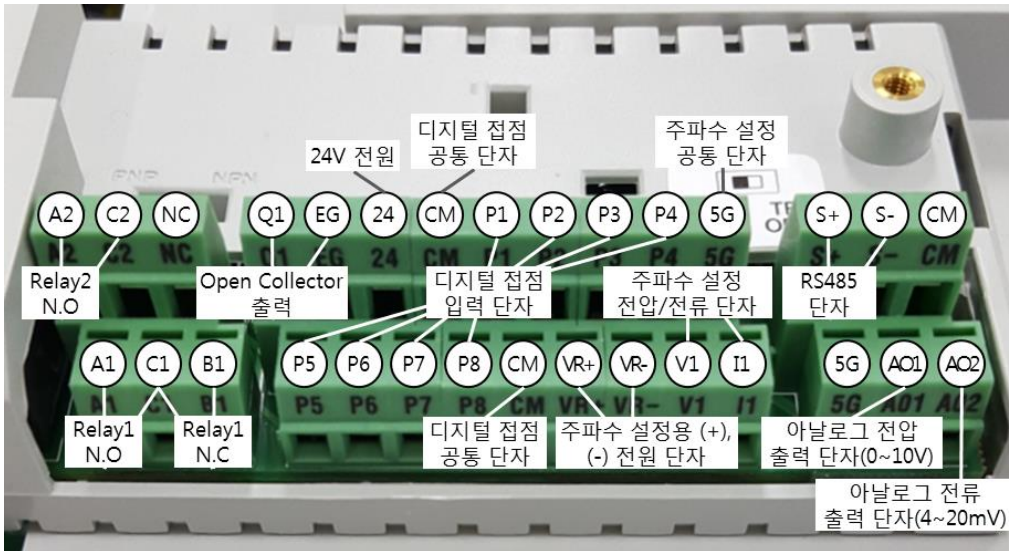
인버터 이론

iS7 단자 나사 사이즈 규격

적용 인버터(iS7)		단자 나사 사이즈
200V	0.75 ~ 7.5kW	M4
	11 ~ 15kW	M6
	18.5 ~ 45kW	M8
	55 ~ 75kW	M10
400V	0.75 ~ 7.5kW	M4
	11 ~ 15kW	M5
	18.5 ~ 22kW	M6
	30 ~ 75kW	M8
	90 ~ 375kW	M12



제어 단자대의 배선은 아래와 같습니다.



인버터는 Relay1, Relay2, Open Collector를 통해서 디지털 신호를 출력하여 고장, 경보, 운전 상태 등 신호를 출력할 수 있습니다. 또한 디지털 접점 입력 단자 P1~P8을 통해 외부의 신호를 받아들여 운전, 정지, 리셋, 다단속 등 인버터 내부의 기능을 활용할 수 있습니다.