



전기기기

2강. 직류 전동기

2005. 5. 13.

직류 전동기의 특성과 용도





학습 목표



- ❖ 직류 전동기의 주요 구조를 설명할 수 있다.
- ❖ 속도-토크 특성 곡선을 보고, 직류 전동기의 안정 불안정을 판별하고, 설명할 수 있다.
- ❖ 직류 전동기의 토크를 구할 수 있다.



직류기의 구조

➤ 직류기의 주요 부분 네가지

◆ 계자(field magnet)

1. 직류기의 자속을 만들어주는 부분으로 계철과 자극으로 구성
2. 계철은 두께 $0.8 \sim 1.6[\text{mm}]$ 의 규소강판을 성층해서 만든다.
3. 전기자와의 공극은 $3 \sim 8[\text{mm}]$

◆ 정류자(commutator) :

1. 교류를 직류로 변환하는 부분
2. 브러시의 마찰과 불꽃 온도에 기계적, 전기적으로 견딜 수 있도록 튼튼하게 제작.
3. 정류자편과 전기자 권선의 접속은 소형의 경우 직접 납땜, 중형 이상은 은 납땜과 티그 용접으로 연결을 성층하여 만든다. (규소함량은 $1.0 \sim 2.0[\%]$ 의 저규소 강판)



직류기의 구조

◆ 전기자 (armature)

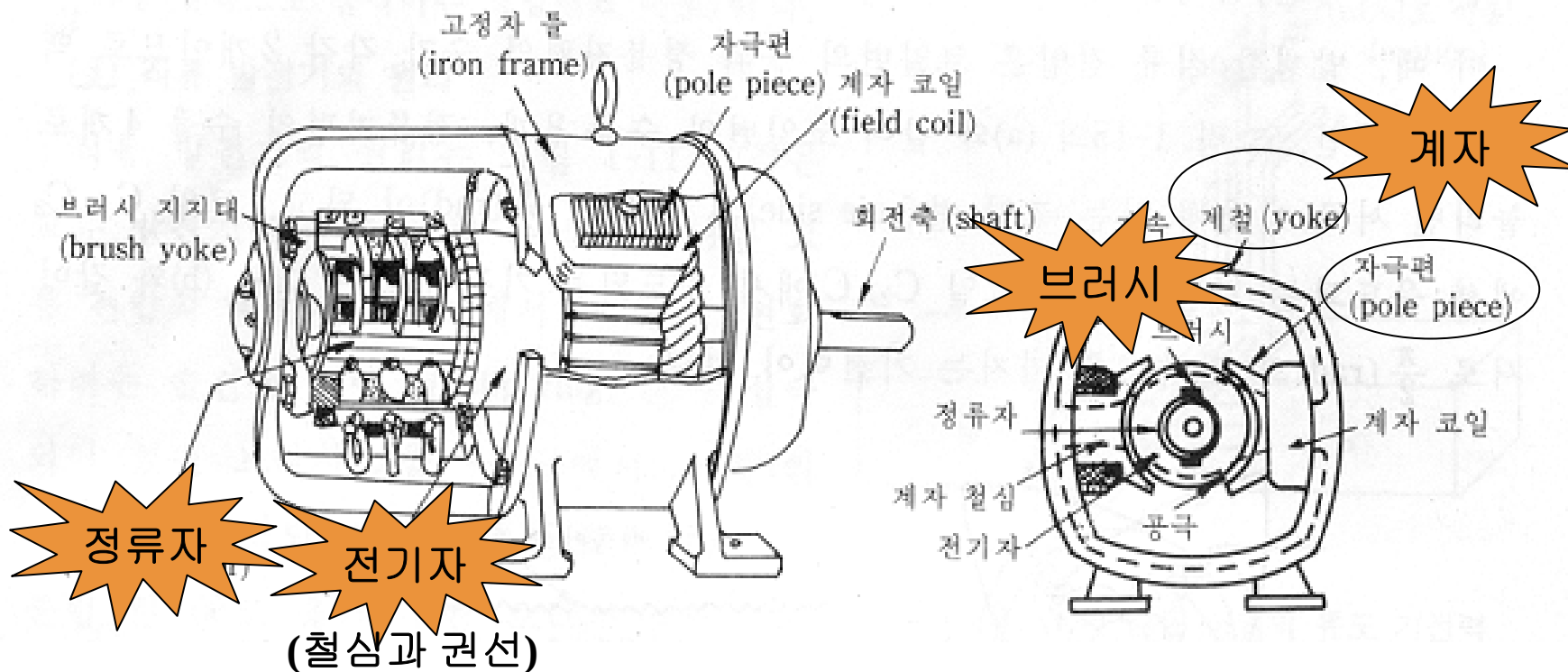
1. 자속을 끊어서 기전력을 발생하는 부분으로 철심과 권선으로 구성.
2. 전기자 철심의 재료와 구조는 맴돌이 전류와 히스테리시스 현상에 의한 철손을 적게 하기 위하여 두께 $0.35 \sim 0.5[\text{mm}]$ 의 규소강판을 성층하여 만든다.
3. 규소함량은 $1.0 \sim 2.0[\%]$ 의 저규소 강판

◆ 브러시 (Brush) :

1. 정류자면에 접촉하여 전기자 권선과 외부회로를 연결시켜주는 부분으로 마모성이 적고 기계적으로 튼튼해야 한다.
2. 천연 탄소 브러시 : 소형기에 사용
3. 전기 흑연 브러시 : 일반 직류기계에 사용
4. 금속 흑연 브러시 : 대전류 기계에 사용

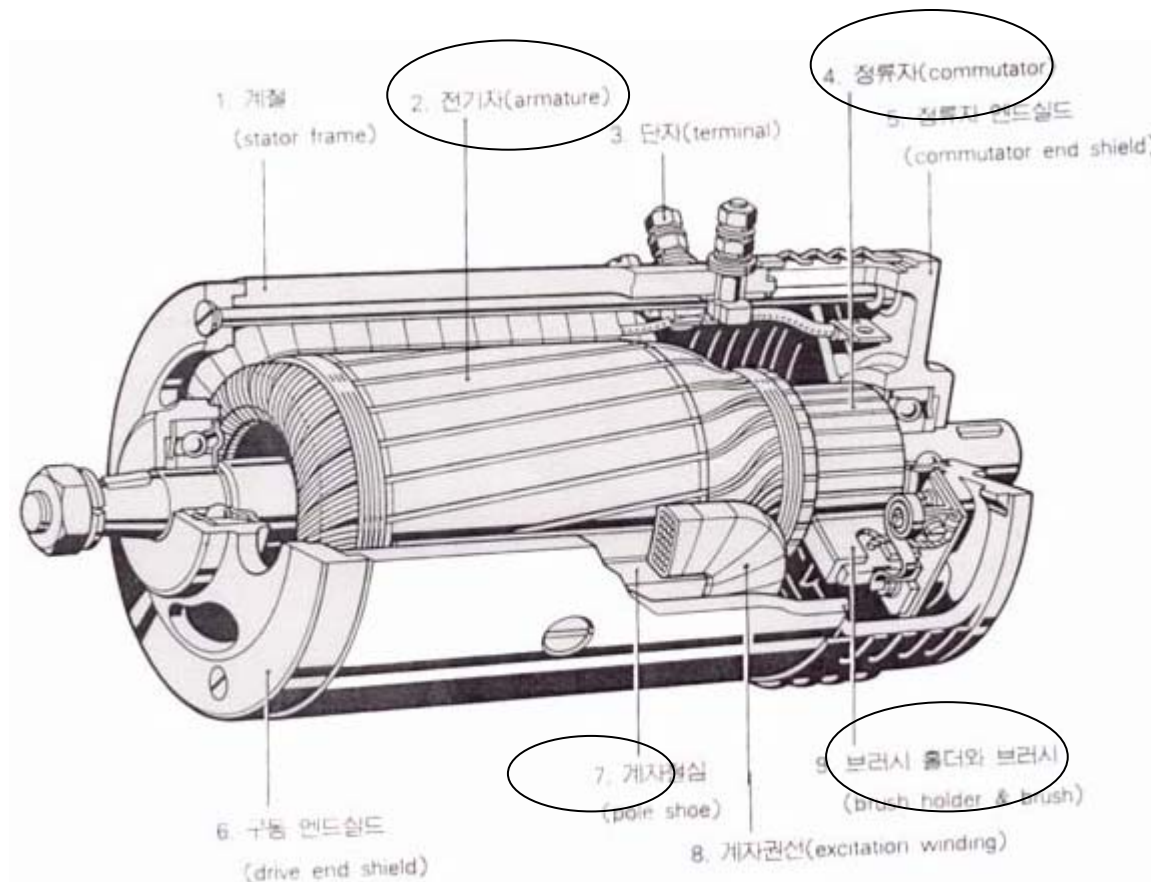


직류기의 구조





직류발전기의 구조





직류기의 구조



❖ 직류기(D.C machine)

❖ 직류 발전기 :

- ❖ 기계적 형태의 에너지를 직류 형태의 전기적 에너지로 변환
- ❖ 주 이용 : 전기 분해나 축전지의 충전, 교류기의 여자 전원

❖ 직류 전동기 :

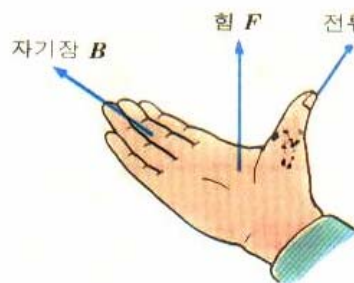
- ❖ 직류의 전기적 에너지를 회전 형태의 기계적 에너지로 변환시키는 회전 기계이다.
- ❖ 주 이용 : 전동차, 엘리베이터, 공장 자동화, 제철소의 압연, 공작 기계 등의 전원



직류 전동기의 원리

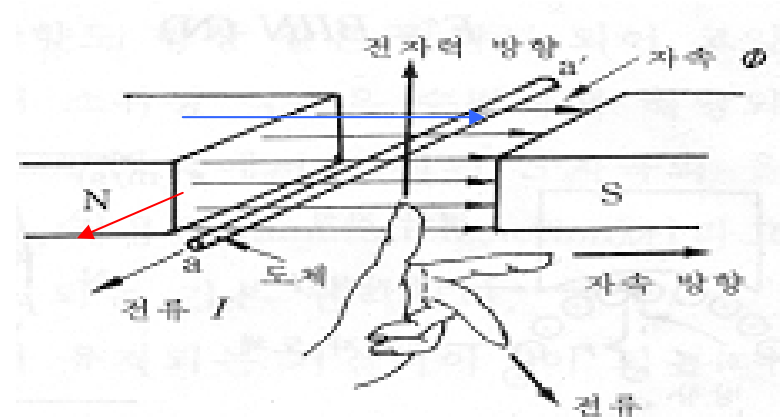


- ❖ 자기장 중에 있는 코일에 정류자를 접속시키고 브러시를 통해서 직류전압을 가해주면, 직류 전류 $I[A]$ 가 흐르고 코일은 플레밍의 왼손 법칙에 따라 시계방향으로 회전한다.
- ❖ 코일의 도체가 받는 전자력의 크기를 F 라고 하면
 - ❖ $F = BIL[N]$
 - ❖ $B = \text{자속밀도 } [Wb/m^2]$
 - ❖ $I = \text{전류}$
 - ❖ $L = \text{도체의 길이}[m]$



[플레밍의 왼손 법칙]

~전좌~

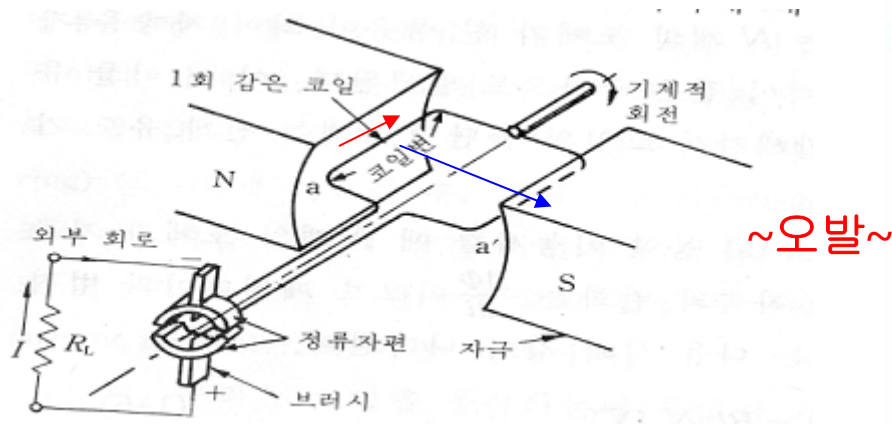




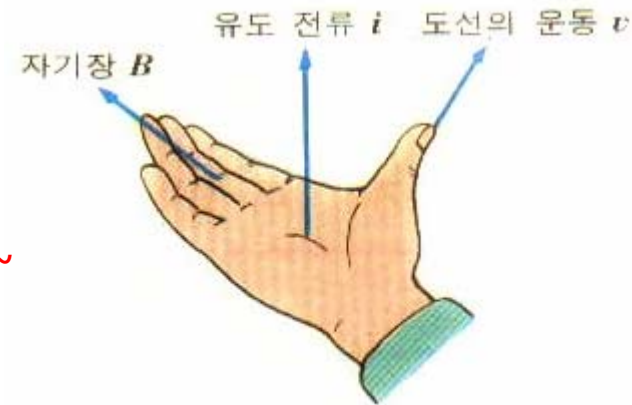
직류 발전기의 원리



- ❖ 자기장 내에서 도체를 움직여 자속을 끊으면 도체에 기전력이 유도된다.



~오발~



[플레밍의 오른손 법칙]

- ❖ 유도 기전력의 크기를 E 라고 하면
- ❖ $E = BVL [V]$
 - ❖ B = 자속밀도 [Wb/m^2]
 - ❖ L = 도체의 길이 [m]
 - ❖ V = 회전속도 [m/s]
 - ❖ 유도 기전력의 방향은 플레밍의 오른손 법칙으로 결정된다



직류 전동기의 종류



❖ 여자 방식

- ❖ 여자(Excite): 전자석의 권선에 전류를 흘리는 것

❖ 여자 방식에 의한 직류 전동기의 분류

- ❖ 타여자 전동기
- ❖ 분권 전동기
- ❖ 직권 전동기
- ❖ 복권 전동기
 - ❖ 가동 복권 전동기
 - ❖ 차동 복권 전동기



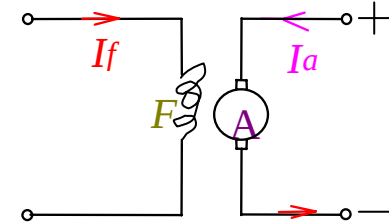
직류 전동기의 종류



❖ 여자 방식에 의한 분류

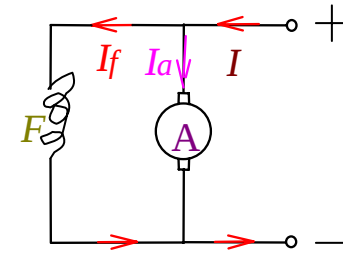
❖ 타여자 전동기

- ❖ 계자 전류와 전기자 전류가 전혀 별도인 전원에서 공급되는 것



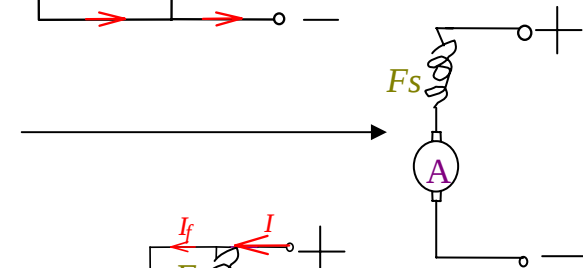
❖ 분권 전동기:

- ❖ 계자권선과 전기자 권선이 병렬



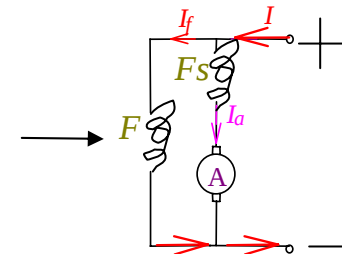
❖ 직권 전동기 :

- ❖ 계자권선과 전기자 권선이 직렬



❖ 복권 전동기 :

- ❖ 계자권선과 전기자 권선이 직병렬





직류 전동기의 특성



- ❖ 직류 전동기는 견인 드라이브에서 필요한 높은 기동토크를 낼 수 있다.
- ❖ 정격속도의 상하의 광범위한 속도영역까지 제어를 용이하게 할 수 있다.
- ❖ 제어방법은 간단하지만 AM (Alternating Current Motor)에 비해 가격이 고가이다.
- ❖ 정류자는 고속 드라이브와 악조건 환경의 운전과 같은 적용 분야에서는 사용할 수 없는 단점을 가지고 있지만 DM은 다양한 산업 드라이브에 중요한 역할을 하였다.
- ❖ 간단한 회로로 토크와 속도 제어가 가능하다.



직류 발전기의 문제점



- ❖ 회전속도 범위가 제한
- ❖ 정류자와 브러시의 마찰에 의한 마찰열의 발생으로 과열
- ❖ 원심력에 의한 전기자 권선의 기계적 부하 증대
- ❖ 기관 공전 시 발전 전압이 낮다.
- ❖ 정류자 브러시의 마모가 많아 자주 수리
- ❖ 출력을 증대 시키기 위해서는 크기와 중량이 커짐



교류발전기의 장점



- ❖ 기관 공전 시에도 발전이 가능
- ❖ 허용회전속도 범위가 넓어짐(다이오드를 이용하여 정류)
- ❖ 정류회로의 +다이오드는 Cut out relay의 기능을 수행 따라서 간단한 전압조정장치만 필요
- ❖ 출력크기에 비해 경량
- ❖ 카본 브러시와 정류자가 생략되어 베어링에 의해서 수명이 결정
- ❖ 고온, 증기, 먼지, 진동에 강하다
- ❖ 회전방향을 자유로이 결정할 수 있다



직류 전동기의 특성곡선



❖ 속도 특성 곡선

- ❖ 단자 전압 및 계자 회로의 전 저항 R_f 가 일정할 때, 부하 전류의 함수로서 회전 속도 $n[\text{rps}]$ 를 표시한 곡선

❖ 토크 특성 곡선

- ❖ 단자 전압 및 계자 회로의 전 저항 R_f 가 일정할 때, 부하 전류의 함수로서 토크 $T[\text{Nm}]$ 를 표시한 곡선

❖ 속도-토크 특성 곡선

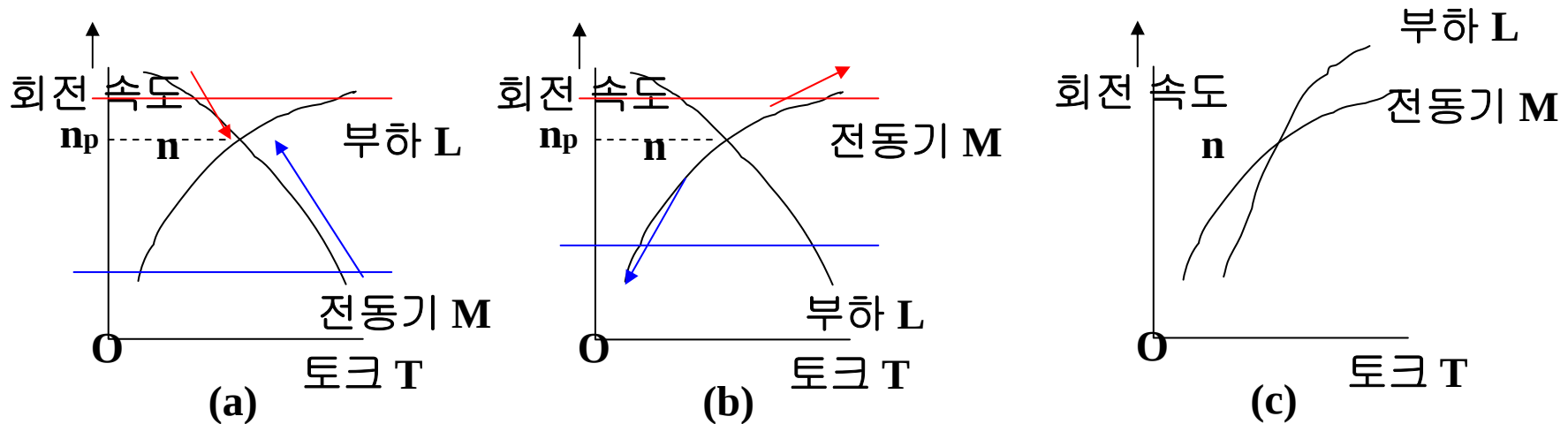
- ❖ 단자 전압 및 계자 회로의 전 저항 R_f 가 일정할 때, 속도 n 과 토크 T 의 관계를 나타내는 곡선
- ❖ 전동기 운전의 안정성 판단을 할 때에 중요함.



직류 전동기의 특성곡선



❖ 속도-토크 특성 곡선의 예



- (a) n_p 보다 속도가 상승하였을 경우, 전동기의 토크가 부하가 요구하는 토크보다 작으므로 감속하여 점 **P**로 되돌아 오고,
 n_p 보다 속도가 하강하면, 전동기 토크가 부하 토크보다 크므로
 역시 가속하여 점 **P**로 돌아간다.
- (b) 이 경우, **P**점으로 돌아오지 않고, 과한 속도로 돌다가 타 버리거나,
 서서히 정지해 버린다.
- (c) 전압의 변동 등으로 전동기 특성이 조금만 이동하여도 교점 **P**가 심하게
 이동하므로 역시 불안정하다고 말한다.



예제



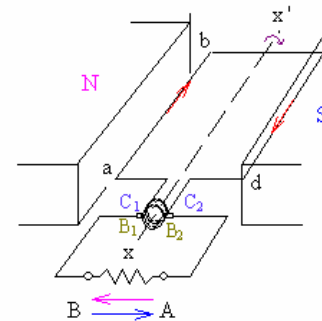
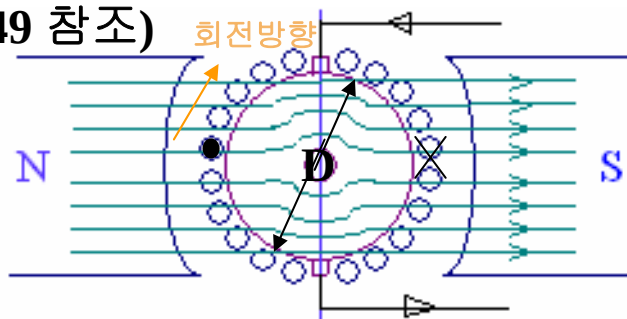
❖ 예제 1-20

- ❖ 직류 분권 전동기가 있다. 단자전압 215[V], 전기자 전류 50[A], 1,500[rpm]으로 운전되고 있을 때 발생 토크를 구하여라. 단, 전기자 저항은 0.1[Ω]이다.

❖ 해설)

- ❖ 우선, 토크를 구하는 방법을 알아본다.
- ❖ 평균 자속 B_a [Wb/m²] 속에 놓아둔 길이 L [m]의 도체에 전류 I_c [A]가 흐를 때, 도체에 힘 F [N]이 작용한다.[원손법칙]

(p.40 그림 1-49 참조)





예제 해설 계속



❖ 해설 계속

- ❖ 힘의 방향으로 축이 회전하게 되고, 그 힘의 크기 $F = B_a l_c L [N]$ 이다.
- ❖ 브러시가 기하학적 중성축에 있으면 각 도체에 작용하는 토크 $t = DF/2 = D(B_a l_c L)/2 [N \cdot m]$ 이다.
- ❖ 따라서, 모든 도체에 의한 전토크 $T = Zt = Z D(B_a l_c L)/2 [N \cdot m]$
- ❖ 전기자 전류를 I_a , 병렬 회로수를 $2a$ 라고 놓으면, $I_c = I_a / 2a$
- ❖ $B_a = 2p\Phi / \pi DL$ 이므로, $T = (pZ \Phi I_a) / 2\pi a$ 가 된다. (여기서, D :전기자의 지름[m], $2p$:자극수, Φ :매극의 자속[Wb], n :매초회전수[rps], Z :도체 총수, $2a$:브러시 사이의 내부 병렬 회로수)
- ❖ 또한, 속도 $n[rps]$ 로 회전시에는 기전력 $E = (pZn \Phi) / a$ 이므로, $T = (EI_a) / (2\pi n) = P / \omega [N \cdot m]$ 가 된다.
- ❖ (여기서, $P[W]$:전환전력, 각속도 $\omega = 2\pi n [rad/s]$)

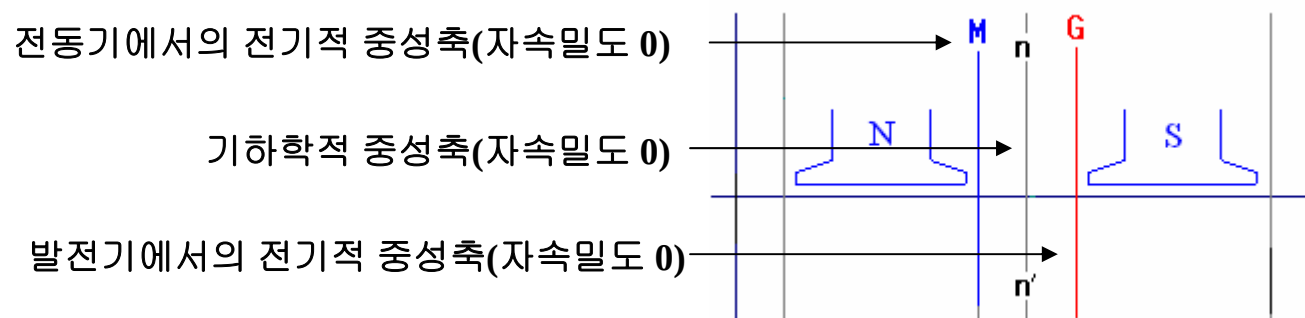


예제 해설 계속



❖ 해설 계속

- ❖ 즉, 단자 전압에서 전기자 전압을 뺀 기전력 $E = V - I_a R_a = 215 - (50 \times 0.1) = 210 \text{ [V]}$
- ❖ $T = P_m / \omega = E I_a / (2\pi n) = (210 \times 50) / (2\pi \times (1500/60)) = 66.8 \text{ [N}\cdot\text{m]}$
 $\therefore$ 답은 $66.8 \text{ [N}\cdot\text{m]}$ 임.





타여자 전동기와 분권 전동기의 특성



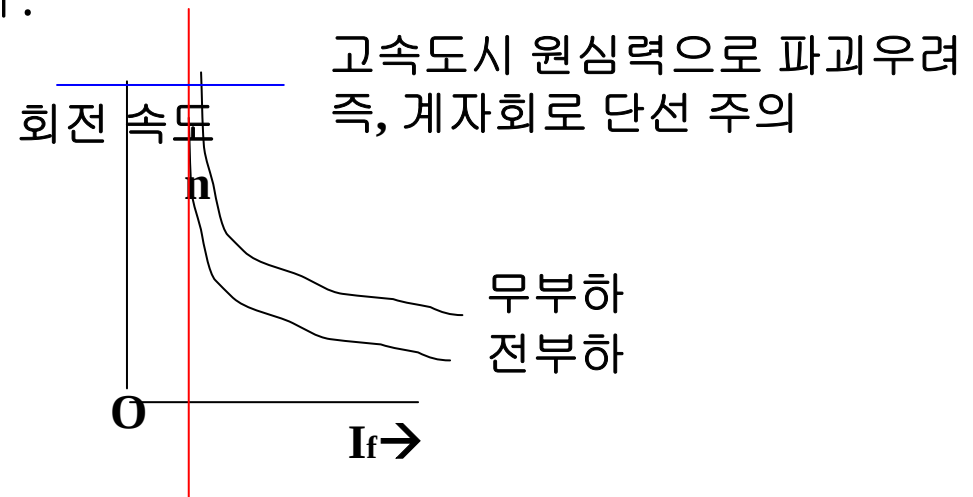
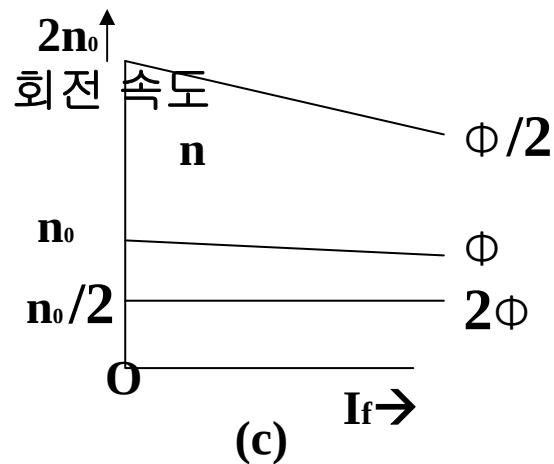
- ❖ 계자 전류 I_f [A]는 여자 전압을 V_f [V], 계자 회로의 전저항을 r_f [Ω]라 하면, 부하에 관계없이 다음 식과 같이 일정하다.
- ❖ $I_f = V_f / r_f$ 라 반작용을 무시하면 자속 Φ [Wb]도 일정하다.
- ❖ 타여자 전동기에서는 V_f 와 전원의 전압 V 는 다르지만, 분권 전동기에서는 $V_f = V$ 이다.
- ❖ 분권 전동기의 전기자 전류 : $I = I_a + I_f$ [A]
 - ❖ 일반적으로 $I_f \ll I_a$ 이므로 $I \approx I_a$
- ❖ 타여자 전동기의 전기자 전류 : $I = I_a$ [A]



분권 전동기의 속도 특성 곡선



- ❖ Φ 가 일정하므로, 속도 n 은 전류 I_a 의 1차 식이 되어, 특성 곡선은 Φ 와 같은 직선이 된다.



- ❖ 속도 조정 방법 → 가감 속도 전동기(Adjustable speed motor)
 - ❖ 타여자 전동기 : 여자 전원의 전압을 변화
 - ❖ 분권 전동기 : 계자 권선에 직렬로 접속된 계자 조정기 (전동기의 경우 속도 조정기)에 의하여 여자 전류 I_f 를 변화시킴.
- ❖ 고장에 의한 위험 방지법 : 원심개폐기나 과전류 계전기 동작



차기 과제

차기 내용

- 타여자 전동기와 분권 전동기의 특성