

HIGEN 전동기

제 1 장 전동기의 기초

- 1. 1 전동기란
- 1. 2 전동기의 종류
- 1. 3 전동기의 형식
- 1. 4 방폭구조의 전동기
- 1. 5 명판(Name Plate) 기재사항
- 1. 6 전동기의 출력(부하에 필요한 동력)을 구하는 법
- 1. 7 극수와 회전속도
- 1. 8 토크
- 1. 9 속도-토크 특성
- 1. 10 전압
- 1. 11 출력 · 전류
- 1. 12 입력 · 역률 · 효율
- 1. 13 여자전압, 여자전류, 1차, 2차
- 1. 14 시간정격 · 사용 · 온도상승
- 1. 15 기동 · 가속
- 1. 16 제동
- 1. 17 속도제어
- 1. 18 운전방식
- 1. 19 자동제어
- 1. 20 Digital 제어
- 1. 21 Bearing
- 1. 22 Brush
- 1. 23 운전제어장치
- 1. 24 시간정격 · 사용 · 온도상승

제 2 장 유도전동기의 특징

- 2. 1 3상유도전동기
- 2. 2 단상유도전동기

제 3 장 전동기의 분류

- 3. 1 외피형상에 의한 분류
- 3. 2 통풍방식에 의한 분류
- 3. 3 보호등급에 의한 분류
- 3. 4 설치방법에 의한 분류
- 3. 5 위험원의 환경조건에 의한 분류

제 4 장 전동기의 특성

- 4. 1 동기속도와 슬립
- 4. 2 회전력
- 4. 3 역률
- 4. 4 손실 및 효율
- 4. 5 전압 · 주파수의 영향
- 4. 6 기동계급
- 4. 7 온도상승
- 4. 8 End Play
- 4. 9 전동기의 기동방법
- 4. 10 기동방법의 비교

제 5 장 전동기 선정의 기준

- 5. 1 전동기의 SPEC결정
- 5. 2 부하특성
- 5. 3 사용전격
- 5. 4 정격의 적용
- 5. 5 일반산업용 전동기의 적용

제 6 장 전동기의 응용(각 부하별)

- 6. 1 기초이론
- 6. 2 각종 부하에 따른 소요동력 계산
 - 6. 2. 1 펌프
 - 6. 2. 2 송풍기
 - 6. 2. 3 공기압축기
 - 6. 2. 4 컨베이어
 - 6. 2. 5 엘리베이터 · 에스컬레이터

전동기 기초	1장
전동기의 종류 및 특성	2장
전동기의 분류	3장
전동기의 특성	4장
전동기 선정의 기준	5장
전동기의 응용(각 부하별)	6장
전동기 특성 DATA 및 규격	7장
HIDEN 표준 전동기의 구조	8장
전동기의 설치 및 유지관리	9장
고효율 전동기	10장
단상 유도 전동기	11장
인버터 응용	12장
부록	부록

- 6. 2. 6 크레인
- 6. 2. 7 프레스
- 6. 3 동력전달 방식(Belt)

제 7 장 전동기 특성 Data 및 규격

- 7. 1 **HIQEN** 전폐형 전동기 특성
- 7. 2 농형유도전동기 KS 전부하 특성
- 7. 3 농형유도전동기 KS 토크 특성
- 7. 4 농형유도전동기 KS 소음레벨
- 7. 5 **HIQEN** 삼상유도전동기 소음측정치
- 7. 6 **HIQEN** 삼상유도전동기 진동측정치
- 7. 7 **HIQEN** 삼상유도전동기 기동계급
- 7. 8 AOC Type 전동기의 최소 요구풍속

제 8 장 **HIQEN** 표준전동기의 구조

- 8. 1 전동기 구조
- 8. 2 베어링의 구조
- 8. 3 베어링 적용표
- 8. 4 베어링의 윤활주기
- 8. 5 단자박스의 구조

제 9 장 전동기의 설치 및 유지관리

- 9. 1 전동기의 보관
- 9. 2 전동기의 설치
- 9. 3 부하의 연결
- 9. 4 전동기의 소음
- 9. 5 전동기의 진동
- 9. 6 전동기의 접지
- 9. 7 전로 및 전동기의 절연저항
- 9. 8 전동기의 절연내역
- 9. 9 전동기와 전원변동
- 9. 10 전동기 및 설비의 운전점검
- 9. 11 전동기 및 설비의 보수점검
- 9. 12 전동기의 고장과 그 대책

제 10 장 고효율 전동기

- 10. 1 고효율 전동기의 정의
- 10. 2 전동기의 손실 및 종류
- 10. 3 **HiEEN** 고효율 전동기의 특징점
- 10. 4 고효율 전동기의 절전요금 계산법
- 10. 5 고효율 전동기의 효율 규격 비교표

제 11 장 단상유도전동기

- 11. 1 단상유도전동기의 분류
- 11. 2 단상유도전동기 특성 Data
- 11. 3 전압과 주파수 변동에 따른 특성의 영향
- 11. 4 단상유도전동기 운전조건(컨덴서기동형)
- 11. 5 내구성 향상을 위한 단상유도전동기의 충분조건
- 11. 6 단상유도전동기 사용환경 및 부하특성에 따른 적용
- 11. 7 단상유도전동기용 부품이해
- 11. 8 사용전압에 따른 결선 방식
- 11. 9 단상유도전동기의 고장과 대책

제 12 장 인버터 응용

- 12. 1 유도전동기의 원리와 속도제어
- 12. 2 인버터(VVVF)의 개요와 원리
- 12. 3 인버터 구동에 따른 전동기의 특성
- 12. 4 인버터(VVVF)의 적용기술
- 12. 5 실제 공조설비에 인버터의 적용과 에너지 효과

부록 전기기계 기술자료

1장

2장

3장

4장

5장

6장

7장

8장

9장

10장

11장

12장

부록

제1장

전동기의 기초

- 1. 1 전동기란
- 1. 2 전동기의 종류
- 1. 3 전동기의 형식
- 1. 4 방폭구조의 전동기
- 1. 5 명판(Name Plate) 기재사항
- 1. 6 전동기의 출력(부하에 필요한 동력)을 구하는 법
- 1. 7 극수와 회전속도
- 1. 8 토크
- 1. 9 속도-토크 특성
- 1. 10 전압
- 1. 11 출력 · 전류
- 1. 12 입력 · 역률 · 효율
- 1. 13 여자전압, 여자전류, 1차, 2차
- 1. 14 시간정격 · 사용 · 온도상승
- 1. 15 기동 · 가속
- 1. 16 제동
- 1. 17 속도제어
- 1. 18 운전방식
- 1. 19 자동제어
- 1. 20 Digital 제어
- 1. 21 Bearing
- 1. 22 Brush
- 1. 23 운전제어장치
- 1. 24 시간정격 · 사용 · 온도상승

1. 전동기의 기초

1.1 전동기란

전동기를 사용하는 사람에 있어서는, 전동기의 이론보다 기능이 훨씬 더 중요하다. 전동기의 기능을 그림으로 표시하면 <그림 1-1>과 같고, 그 기능은 에너지의 변환과 출력량의 제어로 대별된다.

1. 1. 1 전동기의 기능 1 (전기에너지를 기계에너지로의 변환)

전동기는 입력으로서 전원에서부터 전력을 받아, 출력으로서 기계적인 동력을 내는 회전기이다. 즉, 전기에너지를 기계에너지로 변환하는 회전기라 말할 수가 있다. <그림1-1> 여기서 회전기라 부르는 것은 기계적 출력이 축의 회전으로 나타나는 것이다.

단, 직선운동 출력을 내는 리니어 전동기도 있으므로 전동기가 반드시 회전기라고 할 수는 없으나 대부분은 회전기이다.

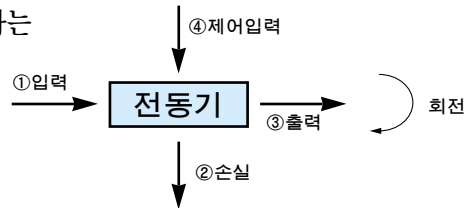


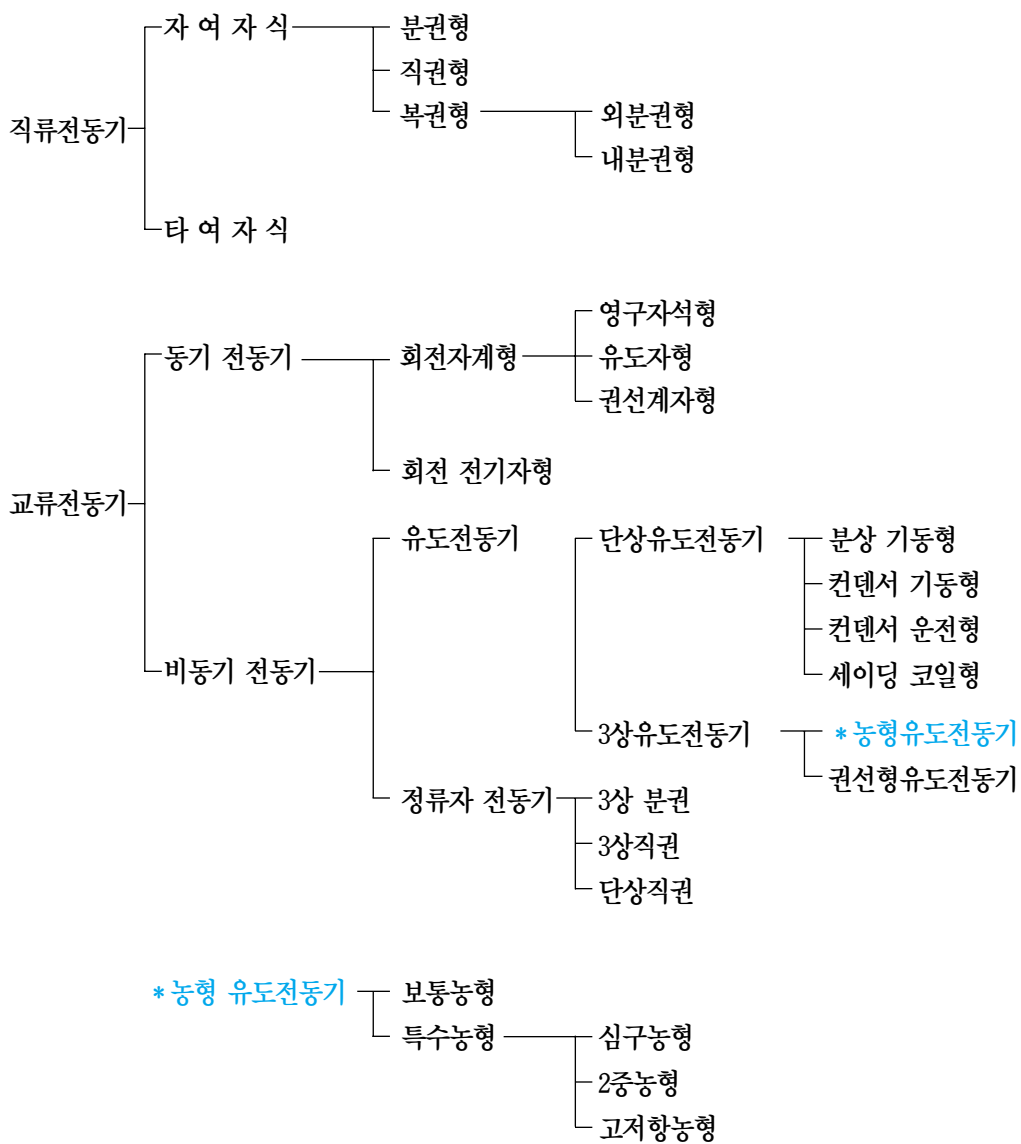
그림 1-1 전동기의 기능도

1. 1. 2 전동기의 기능 2 (제어에 의하여 출력의 질을 변화)

전동기의 또 하나의 기능으로서 제어에 의하여 출력의 질, 즉 속도나 토크의 상태를 변화시키는 것이 가능하다. <그림 1-1> 가·감속 전동기, Servo Motor 등 제어 System의 한 요소로서 전동기가 사용될 경우는 이 기능이 기대된다. 물론 이 경우에도 에너지 변환의 기능은 얻을 수 있으나, 제어기능이 클로즈-up 되어 시스템의 목적에 적합한가를 평가받을 필요가 있다.

1.2 전동기의 종류

전동기는 여러가지 종류가 있으나 전원으로 구분하면 직류로 구동되는 직류전동기와 교류로 구동되는 교류전동기로 크게 나눌수 있으며 동작 원리에 따라 아래와 같이 분류될 수 있다.



1.3 전동기의 형식

전동기는 설치장소, 주위환경, 사용방법에 대응하여 적용할 수 있도록 많은 외형들이 만들어져 있고 규격화 되어 있다. 전동기의 형식은 보호등급 및 냉각방식에 의하여 <표 1-1>과 같이 분류된다.

표 1-1 전동기의 형식

IP (보호등급에 의한 분류)		IC (냉각방식에 의한 분류)		
사람과 내부기계 부분의 보호등급	침수의 영향에 관한 보호등급	2차 냉각제가 사용되는 경우		
		냉각제	회로 배치	냉각제의 이동방법
0 (비보호 기계)	0 (비보호 기계)	A (공기)	0 (자유 순환)	0 (자유 대류)
1 (50mm 이상의 고체물질에 대해 보호되는기계)	1 (낙수물에 대해 보호된기계)	F (프레온)	1 (순환되는 입력 파이프 또는 입력 덕트)	1 (자가 순환)
2 (12mm 이상의 고체물질에 대해 보호되는기계)	2 (15°까지 경사졌을때 낙수물 에 대해 보호된 기계)	H (수소)	2 (순환되는 출력 파이프 또는 출력 덕트)	5 (필수적 독립 요소)
3 (25mm 이상의 고체물질에 대해 보호되는기계)	3 (분사되는 물에 대해 보호된 기계)	N (질소)	3 (순환되는 입력과 출력 파이프 또는 덕트)	6 (기기에 설치된 독립요소)
4 (1mm 이상의 고체물질에 대해 보호되는기계)	4 (튀는 물에 대해 보호된 기계)	C (이산화탄소)	4 (냉각된 구조면)	7 (분리되고 독립된요소 또는 냉각 시스템 압력)
5 (먼지-보호 기계)	5 (분출되는 물에 대해 보호된 기계)	W (물)	5 (주위 매개물을 사용한 필수적인 열 교환기)	8 (상대적 변위)
	6 (중수에 대해 보호된 기계)	U (기름)	6 (주위 매개물을 사용한 기기에 설치된 열 교환기)	8 (모든 다른 구성 요소들)
	7 (입수에 대해 보호된 기계)	S (다른 냉각제)	7 (원격 매개물을 사용한 필수적인 열 교환기)	
	8 (지속적인 잠수에 대해 보호되는 기계)	Y (선택미정)	8 (원격 매개물을 사용한 기기에 설치된 열 교환기)	
			9 (주위와 원격 매개물을 사용한 분리된 열 교환기)	

1.4 방폭구조의 전동기

화학공장 등에서 폭발성 가스가 있는 경우, 전동기는 가능한한 그 위험이 없는 장소에 설치하는 것이 좋다. 어쩔수 없이 위험장소에 설치해야 하는 경우에는 환경에 적합한 방폭구조의 전동기를 사용하여야 한다.

1. 4. 1 분위기

가스는 그 종류에 따라 위험도가 다르므로 <표 1-3>, 발화온도에 따라 6등급으로 분류되고 화염일주한계 및 최소점화전류비에 의하여 3Group으로 분류된다. <표 1-4>

표 1-3 발화온도에 따른 폭발성 가스의 분류와 방폭전기기기의 온도등급과의 대응

발화온도에 따른 폭발성 가스의 분류	450°C 초과	300°C를 초과 450°C 이하	200°C를 초과 300°C 이하	135°C를 초과 200°C 이하	100°C를 초과 135°C 이하	85°C를 초과 100°C 이하
방폭전기기기의 온도등급	T1	T2	T3	T4	T5	T6

표 1-4 화염일주한계, 최소점화 전류비에 따른 폭발성 가스의 분류와 방폭전기기기의 분류와의 대응

분류예1. 화염일주의 한계에 따른 분류의 경우

폭발성 가스의 분류	A	B	C
화염일주 한계	0.9mm 이상	0.5mm을 초과 0.9mm 미만	0.5mm 이하
내압방폭 구조의 전기기기의 분류	Ⅱ A	Ⅱ B	Ⅱ C

분류예2. 최소 점화 전류비에 따른 분류의 경우

폭발성 가스의 분류	A	B	C
최소점화 전류비	0.8mm 초과	0.45mm 이상 0.8mm 이하	0.45mm 미만
본질안전 방폭구조의 전기기기의 분류	Ⅱ A	Ⅱ B	Ⅱ C

표 1-5 폭발성 Gas의 분류 예

온도분류 화염등의 분류	T1	T2	T3	T4	T5
A	아세트, 알렌 암모니아, 프로판, 일산화탄소 벤젠, 에탄, 메탄올, 초산 메탄, 초산에칠	에탄올, 초산이소아밀 제1부탄올, 부탄 무수 초산	가솔린 헥산	아세트 알데히드, 에칠에테르	
B	석탄가스	에칠렌, 에칠렌옥시드			
C	수성가스, 수소	아세틸렌			2유화탄소

위험장소란, <표 1-5>의 가스에 의해 폭발의 위험이 있는 장소를 말하여, 그 분류는

- (1) 0종 장소 : 정상상태에 있어서 폭발성 분위기가 연속되고, 또는 장시간 생성되는 장소
- (2) 1종 장소 : 정상상태에 있어서, 폭발성 분위기가 주기적이고, 또는 때때로 생성될 우려가 있는 장소
- (3) 2종 장소 : 이상상태에 있어서, 폭발성 분위기가 생성될 우려가 있는 장소

1. 4. 2 전동기의 방폭구조

위험장소에 사용할 수 있는 구조가 방폭구조이며, 대표적인 전동기의 방폭구조에는 다음의 것이 있다.

(1) 내압(耐壓)방폭(Ex d)

전폐구조로, 밀폐함 내부에 폭발성 가스의 폭발이 일어날 수 있는 장소로, 밀폐함이 그 압력에 견디고, 동시에 외부의 폭발성 가스에 인화될 염려가 없는 구조로, 틈과 틈의 깊이, 밀폐함 외표면의 온도상승, 절연 공간거리와 연면거리, 체결구조, 내폭강도등에 특별히 고려가 되어 있는 것.

(2) 압력(壓力)방폭(Ex p)

밀폐함 내부에 보호기체를 주입하고 그 압력을 외부압력보다 높게 유지함으로써, 주위의 폭발성 분위기가 밀폐함 내부로 유입되지 못하도록 한 구조이다. 압력유지방식에 따라 통풍식과 봉입식등이 있으나, 보호기체를 쉽게 얻을 수 있을 때는 내부냉각도 겸할 수 있는 통풍식이 좋다.

이 전동기를 기동할 때는 전동기 및 통풍관 내부가 전동기와 통풍관 내용적합의 5배 이상의 보호기체로 청소된 후, 최초 전동기가 기동될 수 있도록 결합(Inter-Lock) 되어야 한다. 또한 기동시 및 운전중 내압은 어느 부분에도 주위보다 5mmHg 이상 높게 유지되어야 한다. 내압이 유지되는지의 확인과 내압이 저하되었을 때 보호장치가 필요하다.

(3) 안전증방폭 (Ex e)

운전중 불꽃, 아크 또는 과열이 생기는 부분에, 이것이 발생되는 것을 방지하기 위하여, 구조상 또는 온도상승에 대하여 특히 안전도를 증가시킨 구조이다. 이 구조에서 특별하게 규정된 것은 허용구속시간이다. 이것은 농형유도전동기에 있어서 회전자를 돌지 않게 구속하고, 고정자에 정격주파수의 정격전압을 인가하여 온도상승이 <표 1-6>의 값에 도달할 때까지의 시간으로, 허용구속시간은 10초 이상이 바람직하다 방폭구조에 있어서 각부의 온도상승은 <표 1-7> 이하일 필요가 있다.

표 1-6 구속식 온도상승한도

온도 측정 부위	절연 종류별	온도상승한도				
		T1	T2	T3	T4	T5
고정자 및 절연한 회전자 권선	A	120-θ	120-θ	120-θ	85-θ	50-θ
	E	135-θ	135-θ	135-θ		
	B	145-θ	145-θ	140-θ		
	F	170-θ	170-θ			
	H	195-θ	175-θ			
절연하지않은 회전자 권선	-	360-θ	230-θ	140-θ		

주) θ는 정격부하에서 연속운전시 권선의 온도상승치를 나타낸다

표 1-7 온도상승한도

온도측정 부위	방폭 구조	온도상승한도					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
용기외면	내압(耐壓) 압력(壓力)	320	200	120	70	40	30
가스접촉 각부	안전증	320	200	120	70	40	30
절연권선	안전증	각각의 규격치 보다 10deg 낮게 잡을것					

1. 4. 3 방폭점검

산업안전보건법 규칙에 의하여, 방폭구조의 제품은 검정을 받아 합격필증을 받아야 한다. 검정기간은 산업안전관리공단과 한국가스안전공사이다. 또한, 방폭구조에 관련되는 기호의 표시방법은 다음의 예로 나타낸다.

- (예1) 방폭구조의 종류가 방폭(耐壓) 구조이고 그 방폭성능이 IIB, 온도 등급이 T3인 경우를 표시하면 Ex d IIB T3 (I은 탄광용 · II는 일반산업용 방폭전기기기를 표시한다)
- (예2) 안전증 방폭구조와 방폭(內壓) 구조가 조합된 방폭전기기기로, 그 주체가 되는 부분의 방폭구조 종류가 안전증 방폭구조로 되고, 최고 표면온도가 125°C로 온도등급으로서 T4로 되는 것을 표시하면 Ex ep II 125°C 또는 Ex ep II T4

1.5 명판 기재 사항

전동기에는 필히 명판(Name Plate)이 부착되어 있다. 전동기를 사용할때 혹은 수리, 개조를 할때 먼저 명판을 잘 읽고 취급하지 않으면 안된다. 명판에는 그 전동기가 보증하는 사용한도가 기재되어 있다. 그 사용한도, 즉 명판에 기재되어 있는 조건을 정격이라 한다. 그러나 명판의 Space가 한정되어 있으므로 중요하고 대표적인 것을 기재한다.

<그림 1-3>는 그 예이다.

HIDEN 3상유도전동기									
모델:	프레임:	형식:							
HP (KW) P									
전압:	V								
주파수:	Hz								
효율:	%	보호방식:P							
정격:	절연계급:	기동계급:	주위온도:						
배어링 (부하/반부하):		S.F:							
제조년월	①년 ②월	제조번호:	③	용량:	kg				
HIDEN									

HIDEN 단상유도전동기									
모델:	프레임:	형식:							
HP (KW) P									
전압:	V								
주파수:	Hz								
효율:	%	보호방식:P							
정격:	절연계급:	기동계급:	주위온도:						
배어링 (부하/반부하):		S.F:							
제조년월	①년 ②월	제조번호:	③	용량:	kg				
HIDEN									

그림 1-3 명판의 예

1.6 전동기의 출력(부하에 필요한 동력)을 구하는 법

정상적인 운전을 주로 하는 경우 전동기의 정격출력은 부하의 운전에 필요한 동력으로 부터 계산되며 그 계산법은 다음과 같다.

(상세한 내용은 6장 전동기 응용 참조)

1.6.1 힘과 속도에 의한 물건

힘 F [N]에 저항하는 힘으로 부터 속도 v [m/sec]로 물체를 움직이는데 필요한 동력 P 는 $P = Fv$ [W]로 표기된다. 이와 같은 관계를 기본으로 동력을 계산하면 부하가 아주 크게 된다.

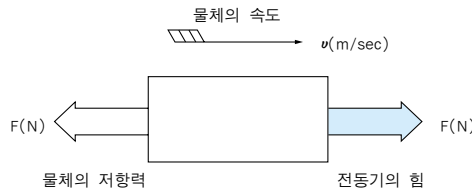


그림 1-4 물체의 운동

보통 부하기계는 실제로 일을 하는데 필요한 소요동력과 부하기계와 전동기 사이에는 <그림 1-5>와 같이 동력을 전달하는 메카니즘이 있기 때문에, 그곳에서 발생하는 손실을 감안하여 전동기의 출력을 실제의 소요동력보다 큰 값으로 하지 않으면 안된다.

따라서 손실을 고려한 기계의 효율을 η 라고

할 때 전동기가 기동하기 위한 동력 P_M 은

$$P_M = \frac{Fv}{\eta} \text{ [W]} \text{--(1.6.1)}$$

또 힘의 단위로 중력단위를

사용할때는 힘은 F' [kg · f] 라고

표하고,

1kg · f = 9.8 [N]이므로

$$P_M = 9.8 F' v / \eta \text{ [W]} \text{--(1.6.2)}$$

전동기의 정격출력은 동력 P_M 보다

10~20% 여유를 주어 결정한다.

동력 전달장치의 효율은 기계에

따라 달라지며 일반적으로

<표 1-8>과 같이 된다.

표 1-8 동력전달장치의 효율

전달장치의 종류	효율(%)
기어(1단)	93 ~ 96
웜기어(1단)	85 ~ 90
벨트(1단)	96 ~ 97

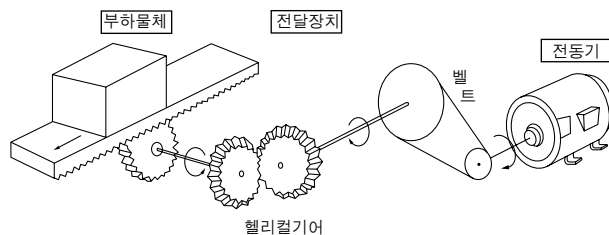


그림 1-5 동력전달 장치의 예

(1) 수직 권상동력

권상기, 크레인, 윈치등에서 질량 W [kg]의 하중을 속도 v [m/sec]로 물건을 들어 올리
기 위한 동력은 식(1.6.2)로 부터 $P_M = 9.8 W v / \eta$ [W] ----(1.6.3)

η 은 보통 0.8 정도이다. <표 1-8>참조

엘리베이터와 같이 발란스웨이트를 부착하여 하중을 평형으로 한 경우는, 소요동력이
적어도 된다. <그림 1-6>참조

$$\text{즉 } P_M = 9.8 W v k / \eta \text{ [W]} \text{ ----(1.6.4)}$$

∴ 평형율(부하율) $k = 0.45 \sim 0.6$ 수준임.

권상속도는 [m /min]으로 나타내는

경우가 많으며 그것을 v' 라고 할때

$$v' = v \text{ (m/s)} \cdot 60 \text{ [m/min]}$$

$$P_M = W v' / 61.2 \eta \text{ [W]}$$

$$= W v' / 6120 \eta \text{ [kW]} \text{ ----(1.6.5)}$$

또, 식(1.6.4)에서

$$P_M = W v' k / 61.2 \eta \text{ [W]} = W v' k / 6120 \eta \text{ [kW]} \text{ ----(1.6.6)가 된다.}$$

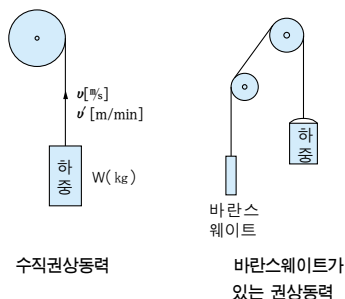


그림 1-6 권상동력

(2) 수평 주행동력

<그림 1-8>의 경우 주행저항에 대해 이겨내고 물체가 수평으로 이동하는 부하에는 이동
하는 물건의 질량 W [kg], 속도 v [m/sec], 주행저항계수를 μ 라고 할때
이동하기위한 힘은 μW [kg · f]되기 때문에 식 (1.6.2)으로 부터

$$P_M = 9.8 \mu W v / \eta \text{ [W]} \text{ ----(1.6.7)}$$

속도를 [m/min]으로 표시할때를 v' 로 하면

$$P_M = \frac{\mu W v'}{61.2 \eta} \text{ [W]} = \frac{\mu W v'}{6120 \eta} \text{ [kW]} \text{ ----(1.6.8)}$$

μ 는 바퀴가 레일이나 양호한 도로면을 주행하는 경우 0.01 ~ 0.03, 자갈길이나 험한 도로
면에서는 0.1 ~ 0.2가 된다.

η 은 0.7 ~ 0.9가 되고 또 바퀴를 이용한 마찰이 아닌 수평이동의 경우는 마찰계수는 주
행계수가 된다.

(3) 경사주행 이동

〈그림 1-8〉의 경우 W [kg]의 물건을 경사면에 놓아 v [m/s]로 주행을 시키는 경우는 그림에서 처럼 분력으로 나누어 생각해야 한다.

$$P_M = \frac{9.8(W \sin \alpha + \mu W \cos \alpha) v}{\eta} \times [W] \text{ ----(1.6.9)}$$

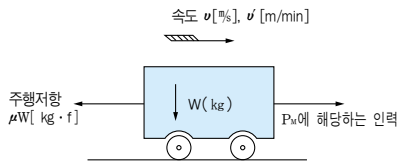


그림 1-7 수평주행

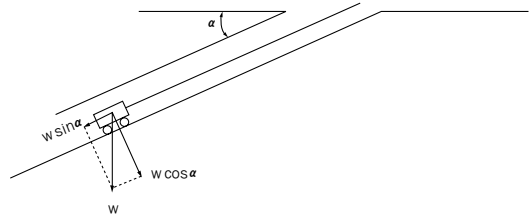


그림 1-8 경사주행

1. 6. 2 토크와 각속도에 의한 물건

회전 운동을 하는 부하는 힘에 대신하는 토크 T' [kgf · m] 속도에 대신하는 각속도 ω [rad/sec] 회전속도 n (rpm)을 이용하여

$$P_M = 9.8 T' \omega / \eta = 1.027 T' n / \eta [W] \text{ ----(1.6.10)}$$

〈그림 1-9〉 (a)의 경우, 반경 r [m]의 원주상에 접선방향으로 F' [kg · f]의 힘이 걸린 상태에서, ω [rad/sec]로 회전 할때는 토크 $T' = F' r$ [kgf · m]이 되기때문에

$$P_M = 9.8 F' r \omega / \eta = 1.027 F' r n / \eta [W] \text{ ----(1.6.11)}$$

예를들어 공작기계에서는 F' 가 절삭력이 된다. 또, 회전원주에 수직인 힘 W 에 대해 마찰력이 작용하는 회전일 경우 접선방향의 힘은 μW 가 되기때문에 (μ 는 마찰계수)

$$P_M = 9.8 \mu W r \omega / \eta = 1.027 \mu W r n / \eta [W] \text{ ----(1.6.12)}$$

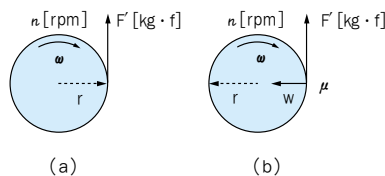


그림 1-9 회전운동의 동력

축이 축받침으로 지지되어 회전하는 경우 축 받침부의 손실에 대항하여 회전시키기 위한 동력 P_b 는 축 받침에서 지지되는 질량을 W [kg], 축받침의 직경을 d [m], 회전속도를 n [rpm], 축 받침의 마찰계수를 μ 라고 한다면 다음의 식으로 계산한다.

$$P_b = 1.027 \mu W \frac{d}{2} n [W] \text{ ----(1.6.13)}$$

1. 6. 3 유체 이송의 동력

질량 M [kg]의 유체를 h [m]의 높이로 올리기위해 요구되는 에너지는 올려진 후에 그 유체가 가지는 위치에너지와 같다.

M [kg]의 유체에 작용하는 지구의 인력은 $9.8M$ [N]이 되기 때문에, 유체의 위치에너지는 $9.8Mh$ [J]이 된다.

이 일을 t 초간 행했다면 동력 P 는

$P=9.8Mh/t$ [W] ----(1.6.14) 정도 필요하게 된다.

펌프와 송풍기의 경우 유체이송 기계의 동력을 이와 같은 방법으로 구하면 된다.

(1) 펌프

펌프의 능력은 양수량 Q [m³/min]와 총양정 H [m]로 나타내지고 이것의 의미는 Q [m³], 즉 $Q \times 10^3$ [kg]의 물을 60초 동안 H [m] 올리는 것이 되기 때문에

$$P_M = 9.8Q \times 10^3 \times \frac{H}{60} \times \frac{1}{\eta} = \frac{QH}{6.12\eta} \times 10^3 \text{ [W]} \text{ ----(1.6.15)}$$

η 은 펌프의 효율이며 동일한 펌프에서도 수량에 의해 효율이 변하고, 효율이 가장좋은 운전상태는 대개 다음과 같이 된다.

수십 l / min 의 경우 30%, 0.1 ~ 0.5 m³/min의 경우 40 ~ 60%, 1 ~ 5 m³/min의 경우 50 ~ 70% 정도 된다.

(2) 송풍기

송풍기의 능력은 풍량 Q [m³/min]와 풍압 H [mmHg]로 표시한다. 그것은 바람을 물에 비교하여 표시한 것으로 $Q \times 10^3$ [kg]의 물을 60초 동안

$H \times 10^{-3}$ [m]올리는 것과 같은 것으로

$$P_M = 9.8Q \times 10^3 \times \frac{H \times 10^{-3}}{60} \times \frac{1}{\eta} = \frac{QH}{6.12\eta} \text{ [W]} \text{ ----(1.6.16)}$$

η 는 송풍기의 효율로 앞의 펌프와 같은 방법으로 생각해서 대개 0.45~0.55정도 된다.

1.7 극수와 회전속도

극수는 전동기내부에 만들어지는 자극의 수이다.

〈그림 1-10〉 (a)와 같이 Air Gap 면 위에 N,S 1개의 자극이 형성되는 것을 2극, (b)와 같이 2개의 자극이 형성되는 것을 4극, (c)와 같이 6개의 자극이 형성되는 것을 6극이라고 한다.

이와 같이 N,S 1개의 극을 쌍대극이라 하며, 극수는 쌍대극의 배수면 모두 만들 수 있다.

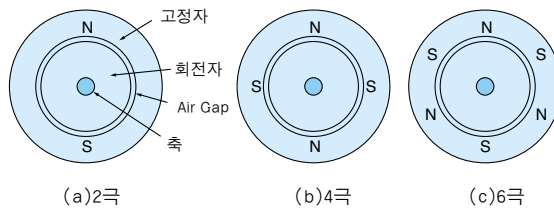


그림 1-10 자극과 극수

3상의 권선에 3상교류전류를 흘리면 그 극수에 해당되는 자계가 만들어지고, 그것은 전류의 변화에 따라 회전하게 된다.

따라서 권선은 정지되어 있지만 회전하는 것을 회전자계라 하고, 회전자계의 속도를 동기속도(N_s)라 한다.

여기에서 P를 극수, f를 주파수 [Hz]라고 할 때 동기속도 N_s 는

$$N_s = \frac{120f}{P} [rpm] \text{ ----(1.7.1)}$$

동기속도는 60Hz에서 2극은 3600rpm, 4극은 1800rpm, 6극은 1200rpm이다.

동기전동기는 회전자가 위의 동기속도로 회전한다.

유도전동기에 부하가 걸리면 회전속도는 동기속도보다 수% 저하한다. 이를 슬립(Slip)이라 하며,

$$Slip(s) = \frac{(N_s - N)}{N_s} \times 100(\%) \text{ ----(1.7.2)}$$

주) N = 실제 운전회전수 (rpm)

1.8 토크

1. 8. 1 토크

〈그림 1-11〉와 같이 전동기 축에 암(Arm)을 취부, 그 끝단에 하중계를 설치한 후 전동기에 전원을 투입하면, 하중계에 힘 F가 작용한다.

이때 전동기가 회전되지 않도록 전동기 축과 암(Arm)을 고정하면, 그 힘은 기동하려는 힘이 된다. 전동기 축과 암(Arm)을 느슨하지 않게 끼워넣고, 전동기 축이 암(Arm)의 취부부와 마찰하지 않고 회전할때 내는 힘이 전동기 운전중의 힘이 된다. 이때의 힘은 하중계의 위치, 즉 암(Arm)의 길이에 따라

전동기가 내는 힘은 동일하지만 하중계에 나타내는 값은 다르게 된다.

따라서 암(Arm)의 길이와 하중계의 값은 반비례 하며, 하중계의 값(힘의 단위)과 암(Arm)의 길이(길이의 단위)를 곱한 값을 토크 또는 회전력이라 부르고,

단위는 중력단위로는[kgf · m], SI단위로는 [N · m]를 사용한다.

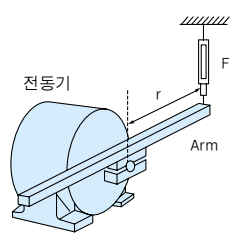


그림 1-11 토크와 힘

1. 8. 2 회전운동과 직선운동의 대응

토크와 힘의 대응은 위와 같으나 그외 직선운동과 회전운동의 양들은 〈표 1-9〉에 표시한 것과 같다.

표 1-9 직선운동과 회전운동의 단위 비교

직 선 운 동	회 전 운 동
힘 F[N](F' [kgf])	토크 T[N · m](T' [kgf · m])
질량 M [kg]	관성 모멘트 J [kg · m ²]
가속도 α [m/s ²]	각가속도 α ^o [rad/s ²]
속도 v [m/s]	각속도 ω [rad/s]
거리 s [m]	각도 θ [rad]

() 안은 중력 단위

표 1-10 직선운동과 회전운동의 기본

항 목	직 선 운 동	회 전 운 동
운동방정식	$F = M\alpha = M \frac{dv}{dt}$	$T = J\alpha_o = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1.8.1)$
동 력	$P = Fv$	$P = T\omega \quad (1.8.2)$
운동에너지	$A = \frac{1}{2} Mv^2$	$A = \frac{1}{2} J\omega^2 \quad (1.8.3)$

1. 8. 3 회전운동의 기본식

회전운동의 기본적 관계식을, 직선운동의 것과 비교하여 <표 1-10>에 나타내었다. 실제로는, 각속도 ω 로 대표되는 매분의 회전수 n [rpm]을 사용하여, 관성 Moment J 로 대표되고, 그 4배가 되는 플라이휠효과 GD^2 [kg · m²]을 이용하는 경우가 많다. 그 경우 $\omega = (2\pi/60)$ 이다. 또한 $J = GD^2/4$ 로되기 때문에, 위 식은 각각

$$T = \frac{GD^2}{38.2} \times \frac{dn}{dt} \quad [N \cdot m] \text{----(1.8.1)}$$

$$P = 0.1047 \times T \cdot n \quad [W] \text{----(1.8.2)}$$

$$A = \frac{GD^2 n^2}{730} \quad [J] \text{----(1.8.3)}$$

또한 토크에는 중력단위 [kgf · m]을 사용하는 경우도 많다.

1 [kgf · m] = 9.8 [N · m] 로 되기 때문에, 식(1.8.1), 식(1.8.2)는 다음과 같이 된다.

$$T' = \frac{GD^2}{375} \times \frac{dn}{dt} \quad [kgf \cdot m] \text{----(1.8.4)}$$

$$P = 1.027 \times T' n \quad [W] \text{----(1.8.5)}$$

[예제 1] 정격출력 3.7kW, 정격회전수 1750rpm 전동기의 정격 토크는 얼마인가?

[답] 식 (1.8.5)에서

$$T' = \frac{P}{1.027 \times n} = \frac{3700}{1.027 \times 1750} = 2.05 \quad [kgf \cdot m]$$

또, 식 (1.8.2)에서

$$T = \frac{3700}{0.1047 \times 1750} = 20.2 \quad (N \cdot m)$$

[예제 2] 이 전동기의 플라이 휠 효과가 0.1 kg · m²라 한다면 정격회전속도시에 회전자가 가지는 운동 에너지는 얼마인가?

[답] 식(1.8.3)에서 $0.1 \times 1750^2 / 730 = 420(J)$

1.9 속도-토크 특성

1.9.1 전동기의 속도-토크 특성

전동기는 부하의 요구에 대응하는 토크를 내는데, 부하의 증감에 따라 속도가 변하는 것이 보통이다. 예로 4극 60Hz의 유도전동기가 공회전 즉, 토크 0의 경우는 거의 동기속도인 1800rpm으로 회전한다.

전동기에 부하를 걸면 부하증가에 비례하여 회전속도가 저하되고, 계속 부하를 증가하면 어느 값 까지는 회전속도가 저하되면서 그 만큼 토크가 증가하나, 토크의 최대치에 도달하는 전동기는 정지하게 된다. <그림 1-12> 참조

이와 같이 속도와 토크의 관계를 표시한 특성을 전동기의 속도-토크 특성이라 하고, 전동기의 특성을 단적으로 표시하는 중요한 특성으로, 어떤 부하에 대하여 어떠한 전동기를 선정해야 하는가를 검토하는 기본적 요소가 된다.

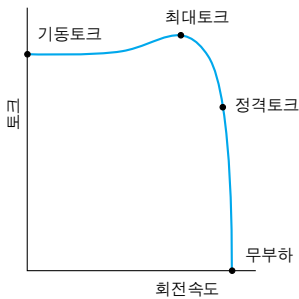


그림 1-12 전동기의 속도-토크 특성

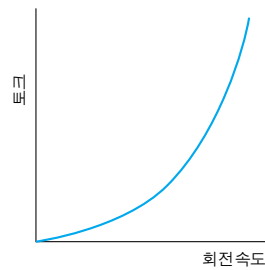


그림 1-13 부하의 속도-토크 특성

속도 0일때의 토크, 즉 정지중인 전동기에 전원을 인가하여 회전을 시작하는 순간에 전동기가 내는 토크를 기동토크라 하고, 정격출력일 때의 토크를 정격토크, 그때의 회전수가 정격회전수이다. 토크의 최대치가 최대토크이나 유도전동기의 경우는 이 토크 때의 Slip보다 크게 되면 불안정영역으로 되어 정지하는데 이를 정동토크라 한다. 또한 동기전동기의 최대토크는 동기운전을 행하여 얻을 수 있는 토크의 최대치로 그 이상에는 동기에서 벗어나는데 이를 탈출토크라 한다.

1.9.2 부하의 속도-토크 특성

부하에도 속도-토크 특성이 있다. 예로 Fan은 돌기 시작할 때는 거의 토크를 요구하지 않으나, 속도를 증가함에 따라 현저하게 토크를 요구한다.

부하를 구동하는데 필요한 토크도 속도에 의하여 변화되는 것이 보통이다.

<그림 1-13> 참조

이러한 특성을 부하의 속도-토크 특성이라 한다.

1. 9. 3 전동기의 속도-토크 특성의 종류

대부분의 전동기는 그 실용 출력범위 내에서는 토크가 증가하면 회전수는 떨어진다.
전부하 회전수를 n , 무부하 회전수를 n_0 라 할때

$$\frac{n_0 - n}{n} \times 100(\%) \text{ ----(1.10.1)}$$

를 속도변화율이라 한다. 전동기는 속도변화의 대소에 따라 다음의 2종류로 대별된다.

(1) 정속도특성 (또는 분권특성)

정속도특성이란 <그림 1-14>(a)와 같이 토크가 변화하여도 속도가 거의 변하지 않는 특성을 말한다. 회전속도가 안정되어 일반기계에 사용된다.

(2) 변속도특성 (또는 직권특성)

변속도특성에는 <그림 1-14>(b)와 같이 토크가 증가하면 속도가 현저하게 저하되는 특성을 말한다.

기동토크가 커지면 부하가 증가되어 자연적으로 속도가 저하되든가 부하가 감소되면 고속도가 되어 전원에 대하여 비교적 정전력적 영향을 주게 되는 이점이 있으므로, 전차, 크레인등 하역 용도에 많이 사용된다.

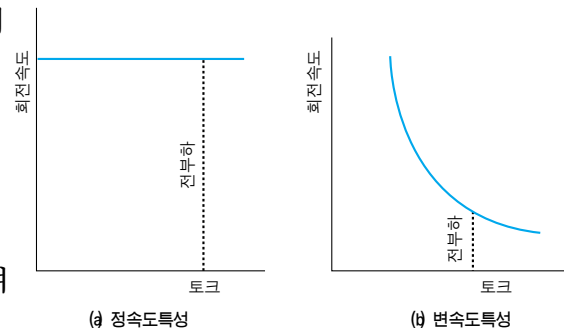


그림 1-14 전동기의 회전속도-토크 특성의 종류

1. 9. 4 부하의 속도-토크 특성의 종류

(1) 정 토크 부하

<그림 1-15>(a)와 같이 속도가 변하여도 토크가 변하지 않는것
(크레인, 왕복동식 공기압축기등)

(2) 2승 토크 부하

<그림 1-15>(b)와 같이 토크가 회전수의 2승에 비례하여 증가하는 것
(Fan, 펌프, 블로워 등 유체기계)

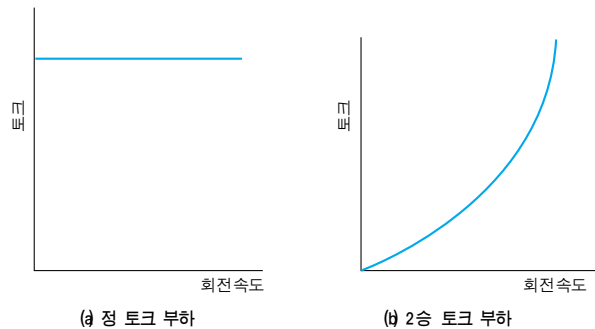


그림 1-15 부하의 회전속도-토크 특성의 종류

1.10 전압

수도에 수압이 걸려있는 곳을 파이프로 연결하면 물이 흐르는 것과 같이, 전압이 걸려 있는 단자간에 저항이나 전동기를 연결하면 전류가 흘러 열을 발생하든지 회전하게 된다. 전압의 단위는 [V]이다. 직류는 항상 전압이 일정하므로 문제가 없으나, 교류는 정현파로 변화한다. <1.12절 참조> 그 최대치를 V_m 이라 하면, 교류전압 v 는 다음식으로 표시된다.

$$v = V_m \sin \theta = V_m \sin \omega t = V_m \sin 2\pi f t$$

여기서 θ 는 전기각, ω 는 각속도 t 는 시간, f 는 주파수이다.

그 때, 교류전압의 크기를 어떤값으로 표시하면 좋은가를 생각할 수 있으나 일반적으로 최대치의 $1/\sqrt{2}$ 로 표시, 이것을 실효치라 부른다. 3상 교류전압은 3가닥 각 단자간의 전압실효치로 표시한다.

우리나라 배전선의 표준전압은 저압 동력선으로 3상 220V, 고압 3,300V가 보통이므로 용량 150kW 정도 이하의 전동기는 저압, 그 이상은 고압이 많이 이용된다.

또한 저압 440V 등 다른 전압도 사용되나, 저압으로는 300kW이상까지 제작된다. 수십kW 이하의 전동기를 고압으로 만드는 것은 경제성이 없다.

또한, 가정용의 단상 배전선의 표준전압은 220V이다.

직류전압, 일반동력용 전원에는 220V, 380V, 440V등이 사용된다.

그러나 건전지를 사용하는 경우에는 1.5V, 3V, 6V등 축전지를 사용하는 경우는 6V, 12V, 24V, 48V, 96V등이 전동기 출력등에 대응하여 선정된다.

또한 반도체 정류기를 교류전원에 직접 사용하여 직류를 얻는 경우, 교류전압 200V에는 다음과 같은 직류전압이 정격전압으로 사용된다.

정 류 회 로	다이오드의 경우	게이트 제어부의 경우
단상정파정류	170V ~ 180V	140V ~ 160V
삼상정파정류	260V ~ 270V	220V

명판에는 어느전압에서 사용될 수 있는지가 표시되어 있다. 이 값보다 높은전압을 사용하면 철손과 여자전류에 의한 동손이 증가하여 과열의 원인이 된다.

또한 너무 낮은전압에 사용하면 힘이 약해져 동일한 토크를 얻기 위해 부하전류가 크게 되어 좋지않다. 직류가감 전압제어의 경우는 사용범위에서의 최대전압이 기록되어 있다. 그것보다 낮은전압에는 회전속도가 떨어진다.

1.11 출력·전류

1.11.1 출력

전동기의 출력은 명판에 Watt[W]또는 킬로Watt[kW]의 단위로 표시되어 있다.

1W는 1초당 1J의($1J=1N \cdot m=1/9.8\text{kgf} \cdot m$) 일을 하는 능력을 표시하는 것이다.

또 $1kW = 1000W$ 이다. 어떤 전동기에는 마력(HP)이 사용되고 있으며 $1HP = 746W$ 이다.

명판의 출력란에 표시하는 숫자는 그 전동기가 명판기재 정격전압 및 정격주파수에서 가장 양호한 특성을 발휘하면서 운전할 수 있는 정격출력의 값으로 최대출력은 아니다. 정격출력의 상태를 전부하, 부하가 걸려 있지 않는 상태를 무부하, 정격출력 이상의 상태를 과부하라 한다.

1.11.2 전류

수로에 있어서 물이 1초간에 1l의 비율로 흐르고 있을때, 유량은 $1l/s$ 되는 것과 같이 전류는 1쿨롱/초를 표시하는 1A로 부른다.

흐름의 방향이 항상 같은 것이 직류이고, 교류는 전류 i의 방향이 변화한다.

최대치를 I_m 이라 하면 이것을 수식으로 표시하면 다음과 같이 된다.

$$i = I_m \sin \theta = I_m \sin \omega t = I_m \sin 2\pi f t$$

여기서 θ 는 전기각, ω 는 각속도, t 는 시간, f 는 주파수이다.

이러한 교류전원을 수치로 표시하면, 동일한 저항에서 직류 1A를 흘려 발생하는 것과 같은 열량을 발생하는 교류전류를 1A라 한다. 이것은 변화되고 있는 전류의 각 순시치의 2승 평균치를 취한 것이 되고, 이 값을 실효치라 부른다.

실효치의 값은 최대치의 $1/\sqrt{2}$ 이 된다. 교류전압도 같은 방식으로 실효치로 표시할 수 있다. 전열기와 같은 저항에 직류전압 $V(V)$ 와 직류전류 $I(A)$ 가 흐르고 있을때, 매초 발생되는 열량 즉, 전력 P 는 다음 식으로 표시된다.

$$P = VI(W)$$

교류의 전압과 전류를 공히 실효치로 표시하면 위식은 역시 성립한다.

명판에 적혀 있는 전류치는 정격전압, 정격주파수에서 이 전동기가 상기 정격출력에서 운전하는 경우의 전류의 개략치이다. 운전중 이 전류치보다 많게되면, 그 부하는 그 전동기에 있어서 과부하가 되므로 그대로 사용을 계속하면 전동기는 소손되든지, 수명이 현저히 짧아지게 된다.

1. 12 입력 · 역률 · 효율

1. 12. 1 입력

전동기 정격출력에서 운전하고 있는 경우, 전원에서 유입되는 유효전력을 입력이라 한다. 단자전압 $V(V)$, 전류 $I(A)$ 가 흐르고 있을때, 그 전동기의 입력 $[P_i]$ 는,

직류의 경우는

$$P_i = VI(W) \text{----(1.12.1)가 되나,}$$

교류에서는

$$\text{단상 } P_i = VI\cos\psi \text{ (w)----(1.12.2)}$$

$$\text{3상 } P_i = 1/\sqrt{3}VI\cos\psi \text{ (w)----(1.12.3)}$$

로 되어 $\cos\psi$ ($0 < \cos\psi < 1$)배만큼 작아지게 되며, 그 이유는 다음과 같다.

교류의 전압과 전류는 정현파상에서 변화하지만, 전동기의 전압과 전류는 <그림 1-16>과 같이 전류가 전압보다 지연된다.

그 지연을 전기각으로 표시하고, $\cos\psi$ 를 역률이라 한다. 그 때문에 VI 가 전부 유효전력이 되지 않고 $VI\cos\psi$ 가 유효한 전력이 된다.

역률이 좋은 만큼 작은 전류로서 많은 전력을 전할 수가 있다.

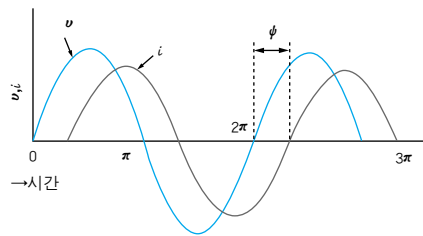


그림 1-16 교류전압과 전류의 관계

1. 12. 2 효율

유효입력중 일부는 전동기 내부에서 손실로 소비된다.

$$P_0 = \eta P_i \text{---- (1.12.4)}$$

P_0 가 출력으로서 축에서 나와 이용된다. η 는 출력과 입력의 비로 효율이라 하며 주로 %로 나타내고 있다.

입력 - 출력 = 전동기 내부 손실로 철손, 동손, 기계손 등이 되어 전동기의 온도상승 원인이 된다.

1. 12. 3 출력, 입력, 전압, 전류, 역률, 효율의 관계

이상을 요약하면 직류전동기에서는 $P_0 = \eta P_i = VI\eta$ ----(1.12.5)

단상교류에서는 $P_0 = \eta P_i = VI\eta \cos\psi$ ----(1.12.6)

3상교류에서는 $P_0 = \eta P_i = 1/\sqrt{3} VI\eta \cos\psi$ ----(1.12.7)

[예제1] 정격출력이 2.2kW의 직류 전동기의 정격전압이 220V, 정격전류가 12.5A이다.

효율이 얼마인가?

[답] $2200 / (220 \times 12.5) = 0.8$ (또는 80%)

1. 13 여자 전압, 여자 전류, 1차, 2차

1. 13. 1 여자전압, 여자전류

전동기는 일반적으로 고정자와 회전자로 구성되어 있으며 각각 철심이 있고, 코일이 감겨져 있다. 동기전동기에는 회전자가, 직류전동기에는 고정자가 직류전류를 흘려 자극을 형성하는 구조로 되어 있는데, 이 권선을 계자권선이라 하며, 그곳에 흐르는 직류전류를 여자전류라 한다. 그것을 흐르게 하기 위하여 필요한 여자전원의 전압을 여자전압이라 한다. 명판에는 정격부하시의 값이 각각 기재되어 있다.

1. 13. 2 1차와 2차

유도전동기에는 고정자 회전자에 교류권선이 감겨 있다. 그 한쪽에 입력 주전원이 접속된다. 이것을 1차권선이라 한다. 다른쪽의 권선을 2차권선이라 한다. 그 전류는 1차권선으로 부터 유도되어 흐른다. 농형유도전동기에는 2차권선은 내부가 단락되어 있으므로 그 전압이나 전류는 외부에 관계하지 않으므로, 명판에는 기재되지 않는다.

권선형유도전동기에는 2차권선의 단자가 외부에 노출되어 있어 여기에 외부로부터 저항 등을 연결하여 제어하므로 명판에 2차전압과 2차전류가 기재되어 있다. 2차전압은 2차를 개방하여 1차에 정격전압을 접속하였을때 (전동기는 정지되어 있다.) 2차단자에 표시되는 전압이 기재되어 있다. 또한 2차전류는 정격부하에서 운전중 2차권선에 흐르는 전류의 개략치가 기재되어 있다. 2차전압 $E_2(V)$ 와 2차전류 $I_2(A)$ 와의 곱 $E_2 I_2$ 는 거의 정격출력에 가까운 값이 된다.

보통 1차가 고정자에, 2차가 회전자에 있으나, 특수한 경우에는 이것과 역으로 된다. 유도전동기의 자계를 만드는 전류는, 교류전원에서 1차권선에 유입되는 전원주파수가 있으나, 역률은 0의 무효전류이다. 이 전류를 여자전류라 한다. 무부하 전류는 거의 여자전류와 같다.

1.14 시간정격 · 사용 · 온도상승

명판기재의 정격출력으로 이상없이 운전을 계속할 수 있는 시간을 시간정격으로하여 명판에 기재하고 있다. 이것은 정격출력으로 연속하여 운전할 수 있다는 것이다. 운전 시간을 제한하는 것은 주로 전동기의 온도상승과 사용조건과의 관계이므로, 이에 대해 설명한다.

1.14.1 온도상승

전동기를 운전하면, 내부손실에 의한 발열로 온도가 올라간다. 그 올라가는 것은 운전 개시후 일정한 부하를 걸고 있으면 <그림 1-17>에 나타낸 것과 같이 온도가 급격히 상승하여 수시간 후에 일정온도가 된다. 주위의 온도와 기기의 온도와의 차를 온도상승이라 한다.

이 값을 넘게되면 절연물의 열화를 앞당기고, 소손되든지, Bearing이나 정류자 등을 상하게 한다. 그 때 온도상승의 한도는 절연의 종류별로 <표 1-11>와 같이 정해져 있다.

이 표에서 절연 중별이라는 것은 <표 1-12>에 의한 허용최고 온도에 의하여 분류되고, 예를들면 다음과 같은 절연구성의 재료가 사용된다.

A종 절연: 목면, 면, 종이 등을 주체로 하는것.

E종 절연: 폴리에스테르계의 에나멜이나 필름을 주체로 한것.

B종 절연: 마이카, 그라스섬유 등을 보통의 접착재료를 사용하여 만든것.

폴리에틸렌 테레프타레이트 에나멜도 여기에 포함된다.

F종 절연: 마이카, 그라스섬유 등을 내열접착재료로서 붙인것.

H종 절연: 마이카, 그라스섬유 등을 실리콘수지 또는 동등이상의 접착재료로 붙인것.

폴리아미드 에나멜, 동필름, 폴리아미드 페이퍼 등도 사용된다.

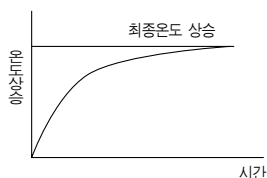


그림 1-17 전동기의 온도상승

절 연 계 급	허용최고온도(℃)
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180

표 1-11 절연계급과 허용최고온도

표 1-12 공기로 간접적으로 냉각되는 전선온도 상승의 한계

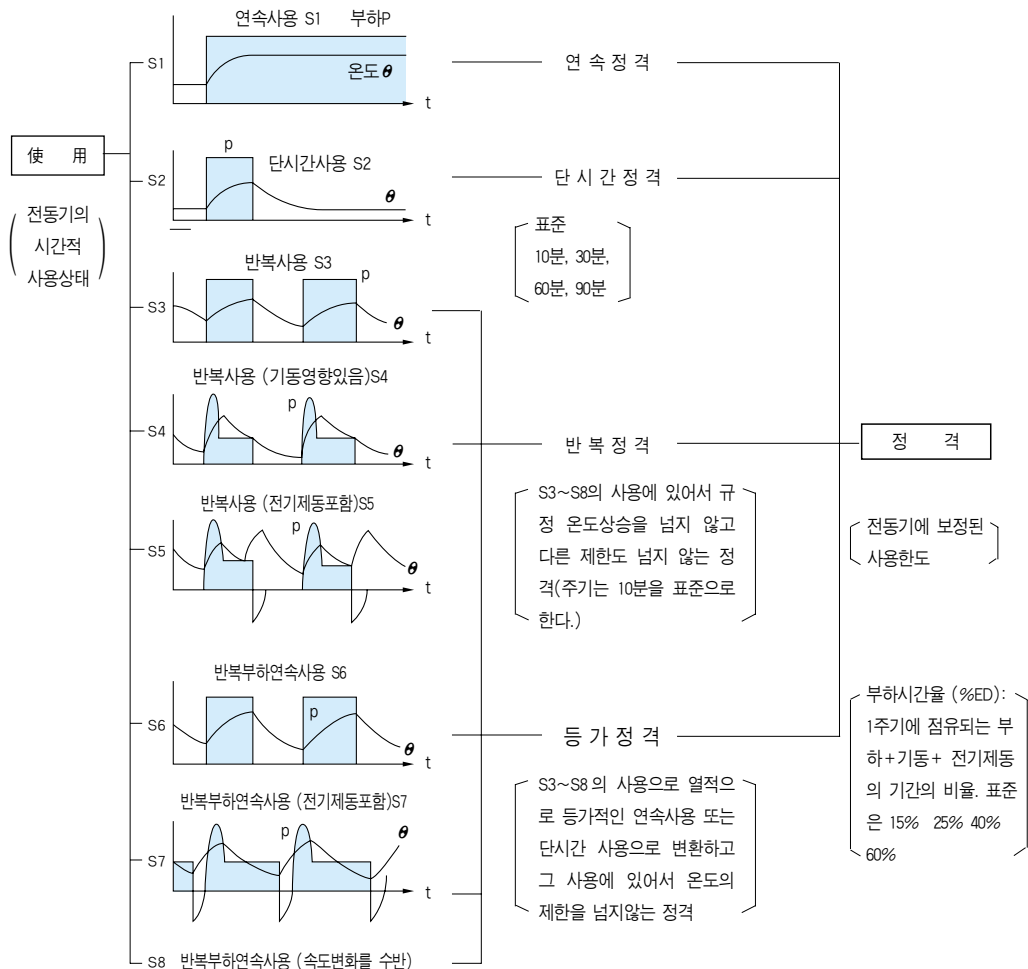
열분류		A			E			B			F			H		
측정방법 Th=온도계, R=저항, ETD=매입온도계		Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K
항목	회전기기의 부분															
1(a)	출력이 500kW(또는 kVA)나 그 이상인 회전기기의 교류	-	60	65 (1)	-	-	-	-	80	85 (1)	-	100	105 (1)	-	125	130 (1)
1(b)	출력이 200kW(또는 kVA)초과 500kW(또는 kVA)미만인 회전 기기의 교류 권선	-	60	65 (1)	-	75	-	-	80	90 (1)	-	105	110 (1)	-	125	130 (1)
1(c)	출력이 200kW(또는 kVA)이하인 회전 기기의 교류 권선중 1d) 또는 1e)의 것을 제외한 것(2)	-	60	-	-	75	-	-	80	-	-	105	-	-	125	-
1(d)	출력이 600W(또는 VA)미만인 회전기기의 교류 권선(2)	-	65	-	-	75	-	-	85	-	-	110	-	-	130	-
1(e)	송풍기 없이 그리고(또는) 밀폐된 권선을 가진 자기 냉각방식의 교류권선(2)	-	65	-	-	75	-	-	85	-	-	110	-	-	130	-
2	정류자를 가진 전기자 권선	50	60	-	65	75	-	70	80	-	85	105	-	105	125	-
3	항목 4의 것을 제외한 교류기 및 직류기의 계자 권선	50	60	-	65	75	-	70	80	-	85	105	-	105	125	-
4(a)	동기 유도 전동기를 제외한 슬롯 내에 매입된 직류 여자 권선을 가진 원통형 회전 자동기기의 계자 권선	-	-	-	-	-	-	-	90	-	-	110	-	-	135	-
4(b)	2층권 이상인 직류기의 절연된 정지 계자 권선	50	60	-	65	75	-	70	80	90	85	105	110	105	125	135
4(c)	2층권 이상인 교류 및 직류기의 저저항 계자 권선과 직류기의 보상 권선	60	60	-	75	75	-	80	80	-	100	100	-	125	125	-
4(d)	교류 및 직류기의 노출된 나도체 또는 바니시칠이 되어 있는 단층 권선(3)	65	65	-	80	80	-	90	90	-	110	110	-	135	135	-
주(1) 고전압 교류 권선에 대한 보정이 이러한 항목들에 적용될 수 있다(표 8의 항목 4참조).																
(2) 내열 등급 A,B,E와 F의 정격이 200kW(또는 kVA) 이하인 정격을 갖는 회전기기의 권선에 대해 중첩 시험법을 적용하는 경우는, 저항법에 대한 온도 상승의 한도를 5K까지 초과할 수 있다.																
(3) 만일, 하층 권선들이 각각 순환하는 1차 냉각제와 접촉하고 있다면, 다층 구조의 권선도 포함한다.																

1. 14. 2 사용과 정격

전동기는 반드시 <그림 1-17>에 의한 일정연속 부하를 거는 것만은 아니다. 단시간만 사용되든가, 간헐적으로 사용되는 경우도 있다.

온도가 포화점에 이르기 전에 정지할 경우 연속적으로 사용할 때 보다도 많은 부하를 걸어도 좋다. 그래서 이러한 시간적인 사용상태를 사용(使用)이라고 한다.

전동기가 보증한 사용한도를 정격이라 하고, 출력시(出力時)에 대한 사용한도를 정하는 것과 같이 전압·회전속도·주파수 등을 지정한다. 이것을 각각 정격출력, 정격전압, 정격회전속도, 정격주파수 등으로 부른다는 것은 이미 서술하였고, 정격과 사용의 관계를 <그림 1-18>에 표시하였다. 연속정격의 기기에는 연속정격을, 단시간 사용의 기기에는 단시간정격을, 반복사용시는 반복정격을 적용하면 경제적인 가격으로 전동기를 구입할 수 있다.



*반복부하 연속사용은 P=0 일때도 무부하에서 회전하고 있는 사용법. 반복사용은 P=0 때는 정지

그림 1-18 시간정격과 사용

1. 14. 3 단시간정격 또는 반복정격과 연속정격과의 환산

만약 연속정격의 제품을 $t_s(\text{min})$ 의 단시간 사용하는 경우는, 몇배의 출력까지 사용가능한지 구하여 보면,

그 배율 r 는 식 (1.14.1)로 계산된다.

$$r = \sqrt{\frac{1}{1 - e^{-t_s/\tau_h}}} \quad \text{-----}(1. 14. 1)$$

여기서, τ_h 는 온도상승의 열시정수이고, 대형의 전동기에서는 큰 값이 되나 개수는 <표 1-13>과 같다.

다음에 연속정격의 전동기를 반복사용에 사용되는 경우의 출력 배율은 식(1.14.2)로 계산된다.

$$r = \sqrt{\frac{t_1 + \frac{\tau_h}{\tau_c} t_2}{t_1}} \quad \text{-----}(1. 14. 2)$$

표 1-13 τ_h 의 개수

형 식	$\tau_h (\text{min})$
개 방 형	20 ~ 30
전폐 외선형	40 ~ 80
전폐 자냉형	80 ~ 120

여기서, t_1 은 부하시간, t_2 는 정지시간이다. 또한 τ_c 는 냉각시의 열시정수로 자기통풍형에서는 전폐자냉형의 τ_h 와 같은 값이 되고, 타력통풍형에는 $\tau_c = \tau_h$ 가 된다. 반복부하 연속사용에서는 무부하 중에도 회전하므로 $\tau_c = \tau_h$ 가 된다.

반복사용에 있어서 1주기에 대한 부하시간의 비율 $t_1/(t_1+t_2)$ 를 부하시간율 이라 한다. 독일의 규격 VDE에서는 이것을 백분율로 표시하여 %ED라 한다. 또한 <그림 1-19>과 같이 t_p 를 주기로하여 부하가 주기적으로 변동하는 때의 등가 연속부하 P_a 는 식(1.14.3)으로 구해진다.

$$P_a = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1^2 + P_2^2 t_2^2 + P_4^2 t_4^2 + P_5^2 t_5^2}{t_p}} \quad \text{---}(1. 14. 3)$$

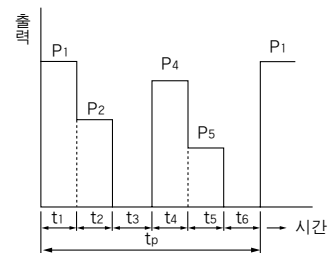


그림 1-19 변동부하

단, t_p 가 열시정수에 비하여 꽤 작은(1/4이하)값이면, $\tau_h = \tau_c$ 가 되는 경우도 취급한다.

<그림 1-19>의 부하에는 연속정격출력 P_a 의 전동기를 사용하여도 좋다고 본다.

[예제1] 개방형 연속정격출력 7.5kW의 전동기를 30분간 단시간 사용하면 몇 kW까지 사용할 수 있는가?

[답] 식 (1.14.1)에 의하여 $t_s=30$, $\tau_h=25$ 로 대입, $r=1.2 \cdots 9\text{kW}$

[예제2] 동일한 전동기를 3분간사용 3분간 정지의 반복사용시는 몇 kW까지 사용가능한가?

[답] 식 (1.14.2)에 의해, $t_1=t_2=3$, $\tau_c/\tau_h=1/4$ 을 대입, $\gamma=1.118 \cdots 8.385\text{kW}$

1.15 기동·가속

전동기를 기동하여 소기의 속도까지 올리려면, 부하의 저항 토크를 이겨야 하고, 전동기와 부하기계 전체의 관성에도 이겨 속도를 올려야 하며, 점점 운동의 에너지를 부여하여 증가시켜야 하므로 상당한 토크와 시간을 필요로 한다. 그래도 이러한 과도 상태에 유입된 전력은 자칫하면 손실로 되는 경우가 많다. 그래서 기동가속시는 과전류, 과열등을 일으키기가 쉽다.

1.15.1 가속 시간

간단하게 가속의 메카니즘을 생각해 보면

다음과 같이 된다. <그림 1-20>에 의하여 전동기의

속도-토크 특성 T_M 과 부하의 속도-토크 특성

T_L 을 겹치게 묘사하면 양 토크의 차 $T_a = T_M - T_L$

이 가속토크로 일하게 된다. 이 T_a 를 속도의

관계로 표현하면 식(1.15.1), (1.15.2)에 의하여 가속시간을 구할 수 있다. 간단히 알기 위하여, 가속중의 가속토크가 일정하여 $T_a(\text{N} \cdot \text{m})$ 가 되면,

회전속도 $n_a(\text{rpm})(W_a(\text{rad/s}))$ 회전에서 회전속도 $n_f(\text{rpm})(W_f(\text{rad/s}))$ 까지 가속하는데 필요한 시간 t 는

$$t = \frac{J(W_f - W_a)}{T_a} = \frac{GD^2(n_f - n_a)}{38.2 T_a} \text{ [S]} \quad \text{----(1. 15. 1)}$$

로 표현된다. 가속토크를 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ 의 단위로 표현하여 T'_a 로 하면

$$t = \frac{GD^2(n_f - n_a)}{375 T'_a} \text{ [S]} \quad \text{----(1. 15. 2)}$$

여기서 GD^2 는 전동기의 회전자 만은 아니고 그것에 의하여 구동되는 전체의 관성을 전동기의 회전자 축에 환산한 것을 합한 것으로, 식(1.15.3)로 구해질 수가 있다.

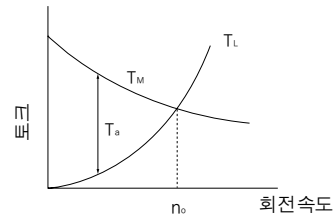


그림 1-20 속도-토크 특성

$$GD^2 = (GD^2)_M + (GD^2)_L \left(\frac{n_L}{n_m} \right)^2 + \frac{365 G v^2}{n_m^2} \quad \text{----(1.15.3)}$$

우변의 제1항 $(GD^2)_M$ 은 전동기의 GD^2 이고, 제2항은 부하 회전체의 GD^2 이고 $(GD^2)_L$ 은 부하축에 걸리는 부하의 GD^2 로, 그것을 전동기축에 환산하기 위하여 회전속도의 반비례값에 2승을 한다. n_L 은 전동기의 회전속도가 n_m 일때의 부하회전속도이다. 제3항은 직선운동 부하의 관성으로, G 는 중량(kg), v 는 전동기의 회전속도가 n_m (rpm)일때의 부하의 직선속도(m/s)이다.

식(1.15.1) 또는 (1.15.2)에서 n 를 정격회전속도, $n_a = 0$, T_a 를 정격토크라 놓을때 즉, 정격토크에 등가된 토크가 종시가속 토크로 될때 전동기를 정지에서 정격회전속도까지 가속하는데 필요한 시간을 가속정수라 한다.

1. 15. 2 가속중의 손실

전동기를 가속할때는, 정상운전시의 동손이상의 큰손실이 발생하는 경우가 많다.

유도전동기에서는 최초 슬립 S_a 에서 차후의 슬립 S 까지 가속되는 동안에 회전자저항으로 발생하는 동손실량 Q_2 는 식(1.15.4)로 표시된다.

$$Q_2 = A_s(S_a^2 - S^2) \quad [J] \quad \text{----(1.15.4)}$$

여기서 A_s 는 최종슬립 S 에 있어서 회전부가 가지는 운동의 에너지이고

$$A_s = \frac{1}{2} JW^2 = \frac{GD^2}{730} n^2 [J] \quad \text{----(1.15.5)}$$

이다. GD^2 가 크고, 회전속도가 높을수록 손실량이 크게 되는 것을 알 수 있다.

또한 식(1.15.4)에서, 정지하고 있는 유도전동기를 어떤 회전속도까지 가속하는 동안에 회전자에 발생하는 손실량은 그 회전속도에서 가지는 운동의 에너지와 같게 된다는 것을 알 수 있다.

이것과 동시에 1차권선에도 동손이 발생한다. 1차저항을 r_1 , 2차저항의 일차환산치를 r_2 라 하면, 전 동실량 Q 는 다음과 같다.

$$Q = Q_1 + Q_2 = Q_2 \left(1 + \frac{r_1}{r_2} \right) \quad \text{----(1.15.6)}$$

농형유도전동기를 직입기동하면, 이것의 손실은 전부 전동기내에 발생한다.

부하의 GD^2 가 크게 될 경우나 기동빈도가 많을때는 주의를 요한다. 권선형유도전동기에는 기동저항기를 2차측에 접속하여 기동하므로, 손실의 대부분은 외부저항으로 발생하기 때문에 전동기가 과열되는 염려는 적다. 직류분권전동기를 시동할때 전기자회로저항에 발생하는 열량은 식(1.15.4)와 같고, Q_1 에 걸리는 것은 없다. 기동저항기를 사용하면 손실은 대부분 그 저항에 발생하기 때문에 과열의 염려는 적고 권선형유도전동기와 같은

의미이다. 직류직권전동기는 기동토크가 전류에 비례이상으로 나오기 때문에, 가속중의 손실량은 분권전동기보다 작게 된다. 직류타여전동기를 가감전압제어로 회전속도를 올릴때는 손실량의 정도는 작다.

1. 15. 3 기동계급

유도전동기를 전원에 연결하여 기동할때의 기동입력정도를 기호로 표시하여, 규격에 정해 놓았다.

1. 16 제동

제동은 부하측에서 에너지를 흡수하면서 운전하는 상태를 말한다.

1. 16. 1 목적별로 분류

제동을 사용목적에 따라 분류하면 다음 2가지가 된다.

- (1) 감속 제동: 감속하거나 정지하기 위해서 거는 제동으로 부하나 전동기가 갖고있는 운동에너지를 흡수하는 상태이다.
- (2) 운전 제동: 제동하면서 일정의 회전속도에서 운전을 계속하는 상태를 말한다.
예를 들어 하역할 때 감아 내리는 경우이다. 이때는 부하의 발생에너지를 흡수한다.

1. 16. 2 에너지 흡수의 방법에 따른 분류

(1) 기계적 제동법

기계적마찰토크에 따라 제동을 거는 것으로 전동기와 별개의 브레이크를 이용한다. 브레이크로 제동할때 스프링(혹은 추)의 힘을 이용하고 느슨하게 할때 전자석을 이용하는 것을 b브레이크라 하며, 그 역을 a브레이크라 한다. 어느 것이든 전자석을 이용하기 때문에 전자브레이크라 한다. 정전의 경우에 제동이 걸리는 것이 안전할 경우 b브레이크를 이용하며 제어를 주체로 하는 경우는 a브레이크를 이용한다. 전자석을 대신하여 전동유압압상기를 이용하는 것도 있다. 기계적 제동법은 정지시에도 제동토크가 걸려 있는 것이 특징이나 마찰부가 마모하는 결점이 있다.

(2) 전기적 제동

전기적으로 에너지를 흡수하는 방법으로 전동기의 특성을 이용하는 것과 별도의 브레이크를 부속 되는 경우가 있다. 고빈도 혹은 연속적제동작용에 적합하지만 정지시에는 제동토크가 0이 되는 점에 주의를 요한다.

- a) 발전제동: 전동기를 발전기상태로 하여 그 출력을 저항으로 소모시켜 에너지를 흡수하는 방법이다.
- b) 역상제동: 정운전중에 역운전의 접속으로 전환하여 제동하는 것으로 정지 후 역방향으로 기동하는 것을 방지하기 위해 정지검출기가 필요하다.
- c) 회생제동: 전동기를 운전하는 것과 동일 접속의 그대로 발전기로 하여 운전하는 상태로, 전동기의 전류가 전동기 운전의 경우와 역으로 되고, 전력이 전원으로 환원되어 진다.
- d) 와전류 제동: 와전류 손에 따라 에너지를 흡수하는 방법이다.

1. 16. 3 제동 시간

감속제동에 있어서 속도변화에 필요한 시간은, 가속시와 같은 모양으로 식(1.15.1) 및 (1.15.2)을 이용하여 계산한다. 이 경우 부하토크가 제동토크에 증가하여 유효하게 운동한다.

1. 17 속도 제어

1. 17. 1 전동기의 속도제어의 종류

전동기 혹은 전동기세트를 조정하여, 회전속도를 변하게 하는 것이 속도제어이다. 다시 말하면, 조정에 따라 속도-토크 특성을 변화시키는 것이 속도제어이다. 전동기를 제어하는 것에 따라 <그림 1-21>과 같이 T_{M1} , T_{M2} , T_{M3} 를

3가지의 속도-토크 특성이라 하면 전동기의 속도 제어에 따라 n_1 , n_2 , n_3 의 3가지의 회전속도가 얻어진다. 전동기의 속도제어는 다음과 같이 분류한다.

- (1) 다단 정속도 특성 : 여러단의 정속도특성으로 전환되어 지는 것으로 <그림 1-22>을 참조.

- (2) 가감 정속도 특성 : 광범위로 많은 정속도특성을 얻을 수 있는 것.

예) ● 최저속도가 최고속도의 1/10정도 이하까지 내리는것.

*인버터 제어, 레오나르드세트,
세르비우스 세트, 초분권 교류정류자전동기,
전자 커플링(자동속도 조정장치 부착)

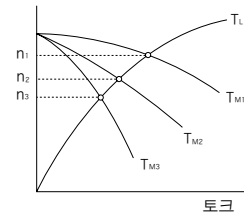


그림 1-21 속도 - 토크 특성의 변화와 속도제어

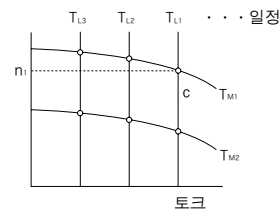


그림 1-22 정 토크의 속도제어

●최저속도에 한계가 있는것.

* 직류분권전동기의 계자제어, 크레이머 세트, 분권정류자 전동기.

(3) 다단 속도특성 : 광범위로 많은 속도특성을 얻을 수 있는것.

예) 단수의 많은 저항기 혹은 액체저항기에 따라 권선형유도전동기의 저항제어,
동일하게 직권전동기

1. 17. 2 정토크 특성 부하의 속도제어

부하의 속도-토크 특성도 부하 자신의 조정에 따라서 변화한다. 예를들어, 권상기의 권상하중을 변화하면, <그림 1-21>의 T_{L1} , T_{L2} , T_{L3} 와 같이 하중에 대응하여 어떤 속도-토크 특성이 된다.

이 그림의 T_{M1} , T_{M2} 는 속도제어된 전동기의 속도-토크 특성으로 각 상태에 있어서 운전점은 여러가지의 교차점이 되는 것은 개념적으로 서술되어 있다. 이 처럼 부하의 경우는, 부하의 최대 토크특성 T_{L1} 에 대응하여, 정격최고회전속도 n_1 으로 운전되는 C점을 전동기의 정격토크라 하고, 속도제어를 하여 운전속도를 낮추어도 C점과 대등한 정격토크가 나오면 좋다. 이 처럼 속도제어를 행하여도 토크가 변하지 않는 것을 정토크특성의 제어라 한다.

1. 17. 3 정출력특성 부하의 속도제어

(1) 절삭기로 피가공물의 직경의 대소에 관계없이 동일 절삭속도로 가공하고자 하는 경우 바이트의 절선방향의 힘이 동일하다면 피가공물의 직경이 작은것은 고속도로 토크가 작고, 직경이 큰 것은 저속도로 토크가 크게 된다.

(2) 권취기로 동일속도로 나오는 소재를 동일장력으로 감을 경우, 초기작업시에는 릴의 직경이 작기 때문에 토크가 작아서 고속으로 회전할 필요가 있다.

작업이 진행되면 직경이 커지게 되고, 토크가 커지게 되므로 회전속도가 적어지지 않으면 안된다.

(3) 하역기계에 있어서, 무거운 것은 천천히, 가벼운 것은 빨리 작업이 되도록 계획하면 고속에서도 저속에서도 동일 동력이 필요하게 된다.

(4) 동일 압연기로 작은것을 압연할 때는 고속으로 압연하고, 큰 것은 천천히 압연하지만, 천천히 할 경우는 압연대가 크게되기 때문에 토크를 많이 필요하다.

상기 4종류의 부하요구 속도- 토크 특성을 나타내 보면, <그림 1-23>의 $T_{L1} \sim T_{L4}$ 의 그룹이 되고, 이것을 구동하는 전동기는 고속도의 경우 정격토크 소(小), 저속도의 경우

정격 토크 대(大) 즉, 고속제어를 하여도 정격출력의 변화가 없는 것을 필요로 하게 된다. 이같은 특성을 정출력특성의 속도제어라 한다. <그림 1-23>의 $C_1 \sim C_4$ 는 각 속도에 있어서 운전점이다.

1. 17. 4 2승 토크 특성 부하의 속도제어

블로어나 펌프로 관을 개폐하면, 그의 개방정도에 대응하여 <그림 1-24>의 T_{L1} , T_{L2} , T_{L3} , 과 같이 여러 2승 토크 특성곡선이 표현된다. 그림의 T_{M1} , T_{M2} , 는 속도제어된 전동기의 속도-토크 특성이다.

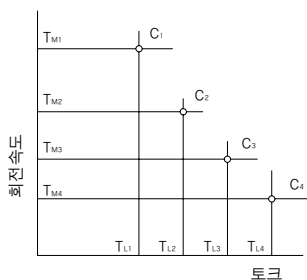


그림 1-23 정출력의 속도제어

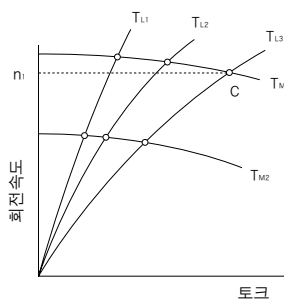


그림 1-24 2승 토크 특성

이 그림에서 보아, 2승 토크 특성 부하의 경우는, 정 토크의 속도제어 전동기를 이용하면 충분히 운전가능하고, 감속시에는 토크의 여유가 있다. 정 토크의 속도제어 전동기(자기통풍냉각시)는 정토크 부하에 사용할 경우 감속시 냉각이 나쁘게 되어 장시간 사용되지 않는 경우가 있지만, 2승 토크부하라면 감속시는 전류가 감속하고 발열이 적게 되어 연속운전이 가능하다.

1. 17. 5 속도제어와 손실

동일 속도제어를 하면 효율이 좋게 되는 것은 당연하다.

예를 들면 1,000rpm에서 10kW의 부하를 전동기로 회전기키고 있을 때 전동기의 입력이 11kW라 하면, 이 부하가 정 토크의 부하라 하고 500rpm까지 회전속도를 낮추면 출력이 5kW가 된다. 이때 입력이 5.5kW 혹은 6kW가 된다면 속도제어한 것에 비해 각 지점별 손실이 증가한다고 볼 수는 없다. 결국 효율이 양호한 속도제어 이다.

그러나 각종의 제어세트 중에는 이 처럼 효율이 양호한 것도 있지만, 회전속도를 낮춤에 따라 손실이 증가, 효율이 나쁘게 되는 것도 많다. 일반적으로 가격이 낮은 것은 효율이 나쁘고, 효율이 높은 것은 가격이 비싼 경향이 있다. 손실이 많은 것은 운전중의 전력요금이 높기 때문에, 처음의 가격과 운전비를 고려하여 선정할 필요가 있다. 회전속도를

낮춤에 따라 손실이 증가하는 경우는 다음과 관계가 되는 것이 많다.

최고 회전속도를 1이라 하면, 그 V 배에 회전속도를 낮추면, 전동기 입력 내의 V 배가 유효한 동력으로 사용되고, $(1-V)$ 배가 전동기 내부에서 손실로 된다.

예를 들면, 회전속도를 $1/2$ 로 낮추면, 입력의 반은 손실로 되고, 반이 유효동력으로 된다. $1/3$ 까지 회전속도를 낮추면, 입력의 $2/3$ 는 손실로 된다. 권선형유도전동기의 2차저항제어, 유도전동기의 1차전압제어, 직류전동기나 교류정류자전동기의 직렬저항제어, 전자커패시터, 마찰클러치를 이용하여 동력을 전달하는 경우 슬립에 따른 유체계수가 있다.

여기에 대응하여, 효율이 양호한 제어로는 극수변환, 인버터제어, 세르비어스방식, 클레이머방식, 레오나르드방식, 직류전동기의 자계제어, 교류정류자전동기의 자계형식제어등이 있다.

1. 17. 6 운전영역

전동기를 운전하는 적절한 상태는 운전하는 방향에 토크를 나오게 하여 부하를 운전하고 있는 상태이다. <그림 1-21~그림 1-24>는 어느 것이든 이 운전상태의 속도-토크 특성을 표시하고 있다. 이것을 좌표의 제1상한으로 생각하는 경우 제 2, 제 3, 제 4의 각 상한의 운전상태도 실제로 있으며, 권상기등이 그 예이다.

회전속도 n 과 전동기의 토크 T_M 에 있어서, 반시계방향을 점으로 하고 <그림 1-25>에 의한 4개의 상한으로 표시하면, 제1상한은 모터가 하중을 감아 올리고 있는 가장 보통의 상태이다. 제4상한은 회전방향이 역($n<0$)이다.

또한 전동기토크는 하중이 자중에 의하여 떨어지는 것에 대한 역방향힘 즉, 반시계방향의 토크를 내어 제동하고, 어떤 속도로 시계방향으로 회전하고 있으므로, $T_M>0$ 이 되고, 전동기는 발전기로 작용한다. 즉, 감아내리는 운전상태이다. 제3상한은, 하중이 너무 작게 되면, 권상기 기아등의 마찰때문에 자중만으로 하강하지는 않게 된다.

전동기가 감아내리는 방향으로 토크를 내면서 감아내리는 경우 $T_M<0$, $n<0$ 이 되어 전동기로서 작용한다.

전동 Door나 콘베이어는 정방향에도 역방향에도 동일하게 전동기로서 토크를 내는 것이기 때문에, 제1상한 정방향과 제3상한 역방향 운전으로 생각하면 된다. 제2상한의 상태는 평형시에는 나타나지 않으나, 과도적으로 이러한 상태가 있다. 즉, 제1상한 감아올리는 상태에서, 최초고속의 a점에서 회전하고 있는 것을 급격히 감속, b점으로 하여도, 관성때문에 급하게 변하지 않고, 그 과도상태가 있어 전동기는 a점에서 제2상한의 a'점으로 이동하여 발전작용을 나타내고, GD^2 가 가지는 에너지를 방출하여 감속 b점으로 떨어지게 된다. 또한, 제4상한 감아내리는 c점에서 저속 운전하고 있는 것을 급히 고속의

d점으로 하고자 하면, 관성때문에 앞서 설명한 것과 같이 점 $c \rightarrow c' \rightarrow d$ 으로 이동, 과도적으로 제3상한의 운전이 행해지게 된다.

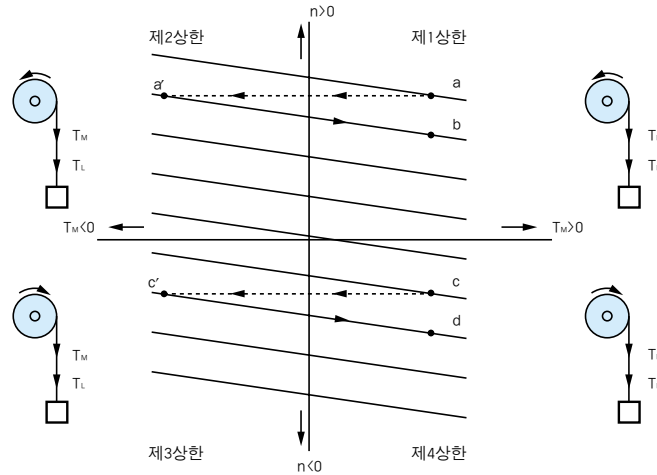


그림 1-25 운전영역

1. 18 운전방식

1. 18. 1 전동력 분배방식

전동력을 분배하는 방식에는 다음의 방식이 있다.

(1) 집단운전방식

대형의 전동기로 운전되는 주축에서 Belt등으로 다수의 기계에 동력을 분배하는 방식.

(2) 개별운전방식

1대의 기계에 몇 대의 전동기를 설치, 독립 또는 기계간의 협조를 가지며 운전하는 방식.

(3) 복식 개별운전방식

1대의 기계를 기능별로 몇개로 나누어 각각 전동기를 설치하여 운전하는 방식.

(1)의 방식은 현재 잘 쓰이지 않고 (2)또는 (3)의 방식이 주로 이용된다. 그것은 동력구조가 간단하게 되고, 효율이 좋고, 제어가 용이하며, 기계의 배치가 자유롭고 고장이 국한되고, 기계의 치수와 취부면적이 작아지게 되는 등의 이점이 있기 때문이다.

1. 18. 2 동력 전달방식

전동기로부터 부하에 동력이 전달되는 것은 직결, 기어(스퍼, 헬리컬, 베벨, 워, 유성 등), 벨트(평, V, 환, 타이밍), 체인 등이 있다.

1. 18. 3 속도의 조절

많은 제품이 긴 연속적인 공정을 거쳐 생산되고, 이 긴 제조 라인을 공통축과 같은 기계적인 결합에 의해 통합적으로 구동(Line Shaft Drive 라고 함)되는 것 보다도, 각각의 파트에 나누어 각각 개별전동기로 구동(Sectional Drive 라고 함)하고, 그것들의 전동기 회전속도를 상호관련한 회전속도로 제어하는 구동방식이 널리 이용되어 왔다.

이전 방식을 속도협조제어 또는 전속제어라 한다.

Line Shaft Drive 방식에서 기계적으로 확실히 각 Part의 속도관계가 결정되어 움직이지는 않지만, 각종 전동기로 각 Part를 속도협조운동하면 아무래도 상호간에 협조의 차이가 생기기 때문에 용도에 따라 다음과 같이 정도를 분류해 사용에 따라 나누어진다.

[속도협조의 정도]

- 근사협조 : 상호속도에 수%의 오차가 차이하지 않으면, 속도의 자동제어를 행하지 않는것
- 정밀협조 : 0.5%~1%이하 범위의 정도를 요구하여 자동속도제어를 행하는것.
- 동기운전 : 완전히 동기로 운전 하는것.

1. 19 자동제어

1. 19. 1 자동제어라는 것은

전동기가 어떤 부하에서 변화하는 속도-토크 특성에 따라서 전동기의 속도가 변화한다. 또한 전원전압과 주파수 또는 온도가 변화하여도 속도가 변동할 수가 있다.

부하에 따라서는 속도변화가 있어도 좋은 경우가 있지만, 생산기계와 공작기계 등에서는 항상 일정한 속도를 유지해야 하는 경우가 많다. 이 목적을 달성하기 위해 제어대상의 양(이 경우는 속도)을 계측하고 목표치와 비교해서 그 사이의 차이가 있으면 그것을 0까지 감소 시키도록 정정조작을 하는 것이 좋다.

이 조작을 자동적으로 행하게 하는것이 Feedback제어이다. 이것에 대해 뒤에 논하는 스테핑전동기와 같이 전동기의 상태를 보지 않고 설정입력만으로 제어하는 방법을 Open Loop제어라 한다. 어느 동작에서 다음 동작으로 자동적으로 전환해야 하는 자동조작을 Sequence제어라 부른다.

자동제어라 하면 Feedback제어를 의미하는 것이 많다.

Feedback제어는 일반적으로 <그림 1-26>의 제어량과 제어장치로서 형성하는데 폐Loop에 의해 구성되고, 전동기도 그 제어 Loop의 한 요소로 되기 때문에 전동기의 종류와 특성을 잘 알아 적용 할 필요가 있다. 부하에 따라서는 제어량으로서 속도외에

전압, 전류, 토크 및 위치를
검출하는 것도 있다. 이것들의
경우도 제어의 과정에서 속도변화를
수반하는 것이 많다.

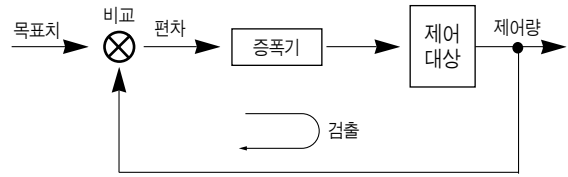


그림 1-26 Feedback 제어

1. 19. 2 자동제어(Feedback 제어)의 특성

일반적으로 자동제어특성의 좋고 나쁨은 정상특성과 과도특성 양면에서 살펴보아야 한다.

(1) 정상특성

자동제어를 행하여도 역시 남는 목표치와의 차(편차)를 변동률 또는 정상편차라 부르고, 정상특성의 좋고 나쁨을 판정한다. 자동제어를 행할때 변동률 E_c 는 폐Loop내의 1 cycle증폭도 (<그림 1-26>의 화살표시로 나타낸 각 부의 증폭도의 합)을 k 로 하면, 자동제어를 하지 않았을 때의 변동률 E 에 대하여 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_c = E / (1+k)$$

따라서 증폭도를 크게 해가면 정상편차를 작게 할 수 있지만, 여기에 나타난 제어는 오차가 없으면 보정할 능력이 없기때문에 반드시 정상편차는 남는다. 이와같은 제어를 비례제어라 한다. 그러나 오차를 적분해 두고 보정시키도록 하면 이론적으로는 정상편차를 0으로 할 수가 있고 이 방식을 적분제어라 한다.

(2) 과도특성

전동기나 증폭기에는 리액턴스분이 반드시 포함되어 있기 때문에 시간지연을 가지고 있고, 또 회전체의 관성도 가지고 있어 보정지령이 나와도 속도변화에 지연이 생기기 때문에 자동제어도 폐Loop 보정이 행하여 질 때까지 시간이 걸리고 <그림 1-27>의 C에 나타냈듯이 속도의 변화가 생기기 때문에 (외란이 들어 온다고 함) 정상편차 E_c 에 정착 할 때까지 t_3 초가 요구되고 있다. 이것이 과도특성이고 <그림 1-27>의 A와 같이 시간이 지나도 속도가 정상치에 안정되지 않을 수도 있다. 이것을 난조라 한다.

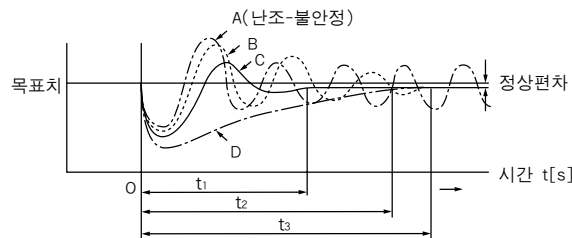


그림 1-27 과도특성의 예

(3) 양호한 자동제어

양호한 자동제어란 ①정상편차가 작고(정도가 좋다) ②난조가 없고 빨리 정상상태로 되는(속응성, 안정성 大) 것으로, 이것들을 만족시키기 위해서는 각 요소의 시간지연이나 불감대가 적은것을 이용할 필요가 있다.

(4) 자동제어의 종류

다음에 나타냈듯이 여러 종류가 있고 목적에 따라 사용이 나누어 진다.

제 어	Analog	연속량을 제어 하는 방법	정치제어	목표치가 일정한것	Servo기구	제어량이 위치 또는 각도와 같은 제어
	Digital	Pulse의 수의 의해 검출제어하는 방법으로 정도를 높게 하는 것이 좋다.	추치제어	목표치가 항상 변화하는 것	Process제어	재료 생산과정의 자동제어
			Program 제어	목표치의 변화가 미리 예정되어 있는것	자동조정장치	정치제어의 장치

1.20 Digital 제어

1. 20. 1 Software Servo

마이크로 Computer(마이크로)를 이용하기 위한 Digital제어는 비약적으로 보급되었다. 이 경우는 논리연산을 Software로 구성할 때 Software Servo로 부를 수 있다. 마이크로응용의 잇점은 System의 Host Computer에 대응, 복잡한 연산, 다양한 기능, 고도의 제어 등이 가능하다

Computer에 의한 Digital제어에는 그 연산속도가 문제가 된다. 이 때문에 가장 실현하기 쉬운 제어는 연산속도가 비교적 지연 될 수도 있는 위치제어가 있다. 그러나 연산속도의 문제도 DSP의(Digital Signal Process)채용에 의해 해결할 수 있다. 상세한 것은 다른 전문서적을 참고하고, 여기서는 Software Servo에 의한 속도제어방식을 예로 소개한다.

1. 20. 2 속도제어

속도제어용 Servo Driver(일반적으로 Servo는 위치의 제어를 의미하나 Servo 기능의 구성에 위치검출구를 제외하고 고성능 속도제어 System으로 한것을 속도 Servo로 부를 수도 있다)를 Software화 한것은 고속연산이 필요하다. 때문에 한가지의 마이크로 프로세서로 보는것은 어렵다. 따라서 Signal Process를 적용한다.

〈그림 1-28〉에 DSP를 사용한 마이콤제어의 Hardware 구성을 예로 나타냈다. 연산부분을 DSP로 처리하고 Master Process는 외부와의 신호를 송수신 하거나 전체의 관리를 한다. Process와 DSP의 Data교환은 공유의 RAM을 사용한다. 전동기를 운전하기 위하여 최소 필요한 Software 구성예를 〈그림 1-29〉에 표시하였다. 전류제어나 속도제어는 위에 표시하는 Sampling시간이 연산의 Parameter가 되고 안정성에도 영향이 있기 때문에 일정시간간격으로 계산할 필요가 있다. 그 때문에 내장되어 있는 Timer가 Time up 될때 각자 연산 Routine을 시작한다. 물론 전류 Roof의 Sampling 시간은 속도 Roof보다 짧게 한다. 속도검출에 Encoder를 사용하는 경우는 통상 Pulse를 계산하기 위해 Computer를 사용한다. 일정시간내에 들어오는 Encoder의 Pulse간격을 Clock Pulse를 이용하여 검출하는 방법이 있다. 고속시는 전자가 유리하고 저속시는 후자가 유리하다. 2가지를 조합하면 전 영역에 걸쳐서 좋은 정도의 검출이 가능하다. 이 Routine의 사이에 Background로 Sequence제어나 상위 Computer로 전송한다.

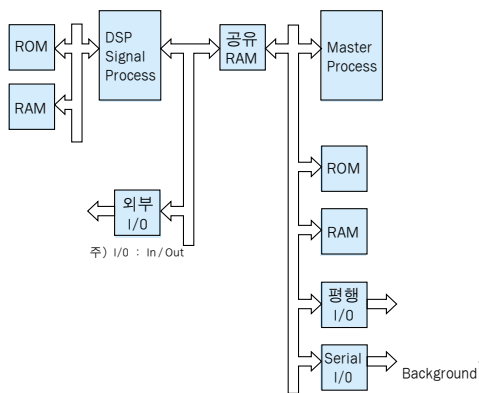


그림 1-28 마이콤의 Hardware 구성

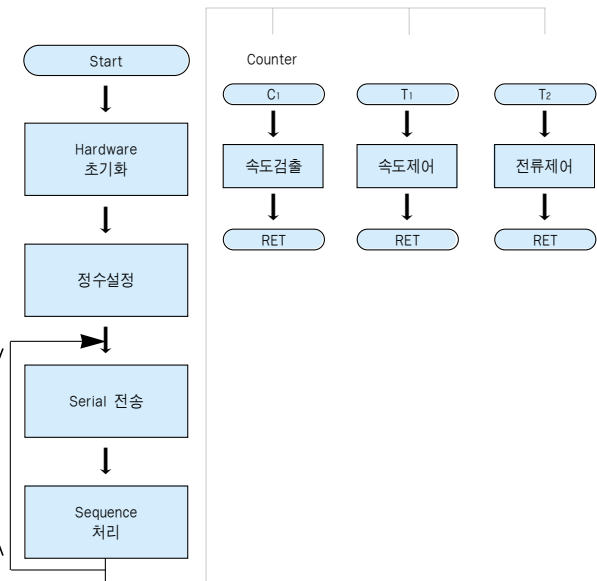


그림 1-29 속도제어의 Software구성 예

1.21 Bearing

구름 Bearing은 주 부하의 하중에 따라서 Radial Bearing과 Thrust Bearing으로 나눈다. Radial Bearing은 주로 Radial하중을 받기 위한 것이다. 대부분 Radial은 Thrust하중도 받을 수 있다. 또한 구름 Bearing은 전동체 형상에 의하여 Ball Bearing과 Roller Bearing으로 대별할 수 있다. 소형전동기에 쉽게 적용할 수 있는 것은 다음의 Radial Bearing이다.

(1) 단일 깊은홈 Ball Bearing <그림 1-30> (a)

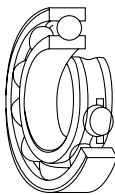
구름 Bearing중 가장 대표적인 것으로 광범위하게 적용, 궤도면이 깊은 홈 형상이며 하중의 Thrust하중도 일부 받을수 있다. 강판 Shield나 고무 Seal로 밀봉되어 있다. 어느 것이나 Grease가 주입되어 있다. 예로 6302라 하면 6은 단일 깊은홈 형을 의미한다.

(2) 단일 Angular Ball Bearing <그림 1-30> (b)

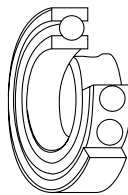
Radial하중과 한 방향의 Thrust하중을 받을 수 있는 것으로 Thrust하중을 받을 수 있는 능력은 단일 깊은홈 보다 크다. 예로 7202라 하면 7은 단일 Angular형을 표시한다.

(3) 원통 Roller Bearing <그림 1-30> (c)

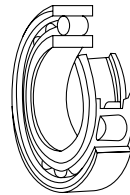
Radial부하 능력은 크고 중하중 또는 고속회전에 적당하다. 내·외륜의 날개가 있는것, 없는 것에 따라 여러종류가 있다. N형 NU형은 축이 축방향으로 이동할 수 있는 구조로 되어 있으며, 따라서 축의 열팽창에 대응할 수 있다. NJ 또는 NF형은 한방향의 위치를 고정하는 것이 가능하나 반대편은 자유롭다. 다소의 Thrust하중은 받을 수 있다



(a) 단일 깊은홈 Ball Bearing



(b) 단일 Angular Ball Bearing



(c) 원통 Roller Bearing

그림 1-30 Bearing

1.22 Brush

직류전동기의 정류자, 권선형유도전동기의 Slip Ring, 동기전동기의 Slip Ring에는 Brush를 사용한다. Brush에는 <표 1-14>의 여러종류가 있다.

표 1-14 Brush의 종류와 적용

종 류	재 질	성 질	용 도			
			100V이상의 직류기	50V이하의 직류기	교류주회로용 Slip Ring	여자회로용 Slip Ring
스토게 전기흑연질	유연을 주성분으로 하여 높은 전류로 흑연화 한것	다공질 정류 성능이 양호	○			
피치콕스게 전기 흑연질	피치콕스를 주성분으로 하여 전기 흑연화 한것	기계적 강도가 크다. 치밀.	○	△		○
천연 흑연제 전기 흑연질	천연흑연을 주성분으로 한것 천연흑연 또는 인조흑연을 이용한 것	윤활성 풍부	△	△		○
흑연질	동과 흑연을 여러 비율로 혼 합한 것	부드러운 윤활성에 적 합	△	△		○
금속 흑연질		비저항이 작고 전류를 크게 수용		○	○	

주) ○ 사용에 적당, △ 사용이 가능

또한 함침 Brush(전기흑연질 Brush에 합성수지등의 함침제를 첨가하여 원래재질에 특수한 재질을 첨가하여 윤활성, 내마모성, 피막적정화 능력을 부가한 것)나 Cleaner Brush(소량의 연마제를 첨가하여 필요이상의 피막을 제거하는 효과를 가지도록 한것)등도 사용되고 있다. Brush의 마모는 굽힘 강도, 경도가 클수록 마모가 작게되는 경향이 있다. 또한 접촉응력을 적정(전기 흑연질에는 $140\sim210\text{gf/cm}^2$, 금속형 흑연질에는 $200\sim500\text{gf/cm}^2$)화 시키지 않으면 마모가 현저하게 증가하므로 주의가 요망된다. 이러한 Brush는 Maker에서 적당한 것을 선정하여 사용해야 한다. 그 명칭과 치수가 명판에 기록되어 있는 것이 많다. 단 이름에는 Brush Maker의 고유기호가 사용될 수 없으므로 재질을 직접적으로 알 수 없다. Brush Maker의 카탈로그 등에 그 내용을 알 수 있게끔 하는 것이 좋다. Brush를 교체할때는 그 명칭을 지정하여 같은 제품을 사용하는 것이 바람직하다.

1.23 운전제어장치

전동기를 운전하기도 하고 제어하기 위해서는 각종 기구라든가 장치를 이용하고 있다. 이것들을 크게 나누면 다음과 같다.

- 제 어 장 치 : 보호용기구 또는 전자부품을 조합하여 제어기능을 갖게 한것
(사이리스트 레오날드 장치, 인버터 장치 등)
- 제어용 기구 : 조작을 시켜 제어의 주역이 되는 기구
(전자접촉기, 보조계전기, Limit-Switch 등)
- 조작용 기구 : 조작을 하는 기구 (누름보턴 Switch, 절환개폐기, Controller 등)
- 보호용 기구 : 전동기 혹은 회로에 발생한 고장을 검출해서 동작하고 피해를 최소한으로 줄여 보호하는것 (차단기, 보호계전기 등)

1. 23. 1 전력변환장치

전기에너지 변화의 주역은 반도체소자에 의한 회로이다. <그림 1-31>에 종류와 중요한 용도를 나타낸다. 교류(AC)에서 직류(DC)로 변환하는 장치를 순변환장치(컨버터)라 한다.

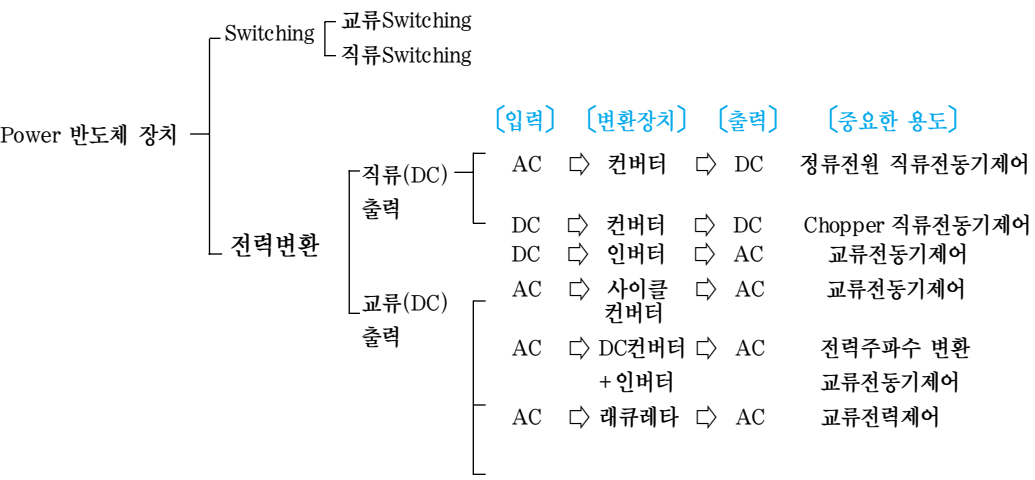


그림 1-31 Power 반도체 장치

순변환장치에는 AC에서 가변전압교류에 변환하는장치(Regulator), 혹은 AC에서 직접 가변주파수로 변환하는 장치(사이클 컨버터)도 포함된다.

순변환장치에 대해서 직류에서 교류로 변환하는 장치를 역변환장치(인버터)라 한다. 순변환장치와 역변환장치는 각각이 독립되어 이용되고 있는 것도 있지만, 실제로는 일체로 되어 있는 것도 많다.

예를들면 인버터는 그 입력이 전지등의 DC전원에서 공급되고 있는것도 있지만, AC입력을 DC로 변환해서 인버터에 넣는다. 즉 순변환장치와 역변환장치의 양자로 구성되어 있는것이 많다.

〈그림 1-32〉는 회로구성과 제어방식 및 출력파형에서 분류된 인버터의 종류를 나타낸다. 〈표 1-15〉는 대표적인 전압형 인버터와 전류형 인버터의 비교표이다. 부하의 요구조건에 따라 사용이 분류된다. 또, 〈그림 1-32〉의 PWM(Pulse Width Modulation)제어는, 인버터의 출력교류전압의 크기를 바꾸는데 있어 보통은 직류전압을 바꾸지만, 그 대신에 직류전압을 일정하게 하고, 출력의 기본주파수 사이에 다수의 Pulse를 발생시켜 그것들의 Pulse을 변화시키는 것에 의해 출력전압을 제어하는 것이다. 출력파형을 좋게 형성하고, 또 전원의 역률도 좋게 할수 있다는 이점에서 최근 흔히 이용되고 있다. Power 반도체의 또 하나의 응용분야는 스위치이다. 순변환장치, 역변환장치와 함께 전동기제어에 많이 이용된다.

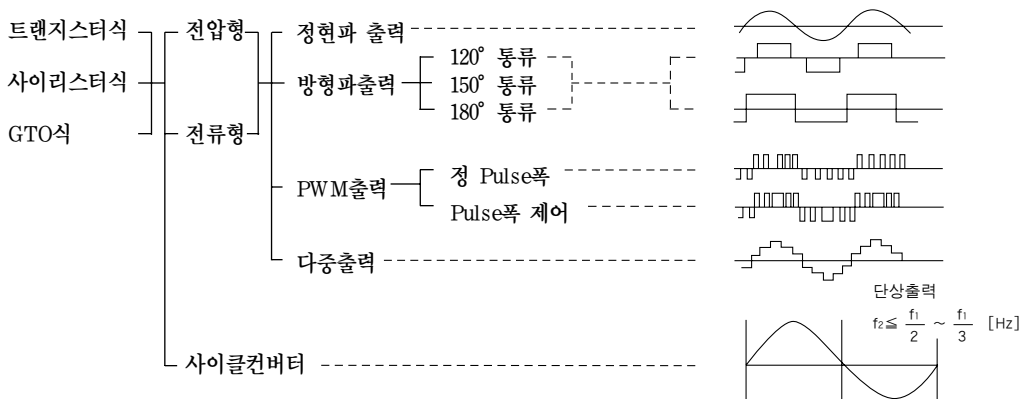


그림 1-32 인버터의 종류

1. 23. 2 Power 반도체의 종류

〈표 1-16〉은 대표적인 Power반도체 소자의 종류와 그 비교표이다. 각각의 소자는 동작형태, 용량 및 동작속도에 특징이 있다. 주축하는 장치의 요구조건과 회로구성에 맞추어 적용한다. 최근 동작속도가 빠르고, 고전압에서 대전류화의 진보가 현저한 IGBT가 PWM제어 인버터나 컨버터등에 넓게 이용되고 있다.

1. 23. 3 전자 접촉기(Magnetic Contactor)

전자석의 여자, 강자의 동작에 의해 회로를 개폐하고 전동기의 기동전류나 부하전류를 투입 차단하는 것으로, 빈번한 반복조작에 견딜 수 있고 원격조작도 할 수 있다. 전동기용으로서의 개폐하는 주 회로에 의해 저압교류전자접촉기 고압교류전자접촉기, 직류용 전자접촉기로 대별된다.

표 1-15 전압형 인버터와 전류형 인버터의 비교

항 목	전압형 인버터	전류형 인버터
조직구성	<ul style="list-style-type: none"> 교류전원을 다이오드 또는 사이리스터, 트랜지스터로 조정해서 전해콘덴서를 삽입하여 전압 Ripple을 제거한다. 그 직류전압을 인버터회로에서 역변환해서 가변주파수전압을 출력한다 	<ul style="list-style-type: none"> 교류전원을 사이리스터나 트랜지스터의 컨버터로서 가변직류로 정류하고 리액터를 직렬로 접속해서 평활직류전류로 한다. 그 직류전류를 인버터회로에 역변환시켜 가변교류전류를 출력한다.
제 어	<ul style="list-style-type: none"> 출력전압은 직류측의 (초파)제어 또는 인버터의 PWM제어에 의한다. 부하단락사고시 등의 경우 전해콘덴서 용량이 크기 때문에 그 전류억제제어가 어렵다. 	<ul style="list-style-type: none"> 출력전압제어는 컨버터로 행한다. 직류회로에 컨덴서가 들어있지 않기 때문에 전류제어가 용이하다. 부하이상에 대해서도 보호하기 쉽다. PWM제어도 가능하다.
제 동	<ul style="list-style-type: none"> 직류회로에 접속된 제어저항기에 흡수시키는것이 보통이다. 회생제동시키는 경우는 전용의 전력변환용 변환회로가 필요하다. 	<ul style="list-style-type: none"> 제어시에도 직류전류의 극성이 반전하지 않기 때문에 자유로이 회생제동이 가능하다. 한 상만 통전해도 전동기의 직류제동도 가능하다.
출력파형	<ul style="list-style-type: none"> 전압이 방파형이고 부하역률에 좌우되지 않는다. 전류파형은 부하역률로서 변한다. 인버터의 다중화, PWM제어로 정현파에도 가능하다. 	<ul style="list-style-type: none"> 전류가 대형파이고 거의 일정한 파형이다. 전압파형은 부하역률로 변화한다. PWM제어로 전류파형을 정현파로 할 수 있다.
입력역률	<ul style="list-style-type: none"> 양호. 100%에 가깝다. 	<ul style="list-style-type: none"> 전압형에 비해 나쁘다 85 ~ 75%
용도	<ul style="list-style-type: none"> 무정전 전원장치 가변주파수제어전동기 유도가열용 전원 	<ul style="list-style-type: none"> 사이리스터전동기 가변주파수제어전동기 유도가열용 전원
출 력 주파수	<ul style="list-style-type: none"> 직류전압이 안정해 있기 때문에 출력 주파수를 높게 할수있다. 수십 kHz 	<ul style="list-style-type: none"> 수 kHz이하

1. 23. 4 차단기(Circuit Breaker)

전동기회로의 단락사고시 차단을 목적으로 하는 장치이고, 투입후는 기계적으로 Lock되며, 차단하는대는 수동동작, 전자조작, 전동조작으로 Lock을 해제하는 구조로 되어 있다. 차단용량은 공급정격전압과 기기 및 선로의 임피던스, 단락과도리액턴스에서 구하고, 그 회로의 전동기용량만으로서서는 결정할 수 없기 때문에 주의를 요한다.

전동기회로에는 다음과 같은 것이 잘 사용된다.

표 1-16 POWER 반도체 소자의 종류

종 별	품 명	기 호	최 대 정 격	동작속도	용 도
다이오드	다이오드	A \rightarrow ∇ K	5000V - 3000V	○	컨버터 AC \rightarrow DC
사이리스터	역저지형	A \rightarrow ∇^G K	4000V- 3000V (6000V- 2500A)	△	컨버터 AC \rightarrow DC 인버터 DC \rightarrow AC
	Gate Turn Off형 (GTO)	A \rightarrow ∇^{+G} K	4500V- 3000A (8000V- 1000A)	△	컨버터 AC \rightarrow AC
	역유통형	A \rightarrow ∇^G K	2500V- 400A	○	인버터 DC \rightarrow AC
	트라이악	T _r \rightarrow ∇^G T _i	1200V- 500A _{rms}	△	AC POWER 제어
트랜지스터	바이폴라형	B \rightarrow ∇^C E	2kW-1200V-800A	○	인버터 DC \rightarrow AC
	MOS FET형	G \rightarrow ∇^D S	3kW-600V-50A (1500V - 25A)	◎	HF 인버터 DC \rightarrow AC
	SIT형	G \rightarrow ∇^D S	1200V - 300A	◎	RF 인버터 DC \rightarrow AC
	IGBT Module	G \rightarrow ∇^D S	1200V - 400A	◎	컨버터, 인버터

(주) 역정지 사이리스트를 기준으로 비교 △:동등 ○:빠르다 ◎:상당한 속도를 나타낸다

A:양극 K:음극 G:Gate B:Base E:Emitter D:Drain S:Source

(1) 배선용차단기(MCCB)

MCCB는 저압회로 (교류 600V, 직류 250V이하)의 차단기 이다. 동작기구와 해제장치를 절연물의 용기내에 한 덩어리로 조립한 것이고, 정상전류를 수동으로 개폐 가능하고, 과부하 및 단락 때 자동적으로 차단하는 기구이다. 저압교류전자접촉기 및 Thermal Relay와 조합되어 저압 류네이션스타터라 칭하는 전동기 운전용에 널리 이용된다.

(2) 전력퓨즈(Power Fuse)

외관중에 퓨즈선을 설치, 차단기를 겸한 구조이다. 차단한 후에는 교환하지 않으면 안된다. 차단시간은 0-5 사이클 정도이고 취급시 간단하여 고압교류전자접촉기와 조합되어 고압 콤비네이션스타터로 널리 이용되고 있다.

(3) 기중차단기(ACB)

1,000V 이하의 교류회로 및 직류회로에 이용되고 공기중에서 차단을 행하는 것으로 차단시간은 5 Cycle이하.

(4) 유입차단기(OCB)

기름탱크 내에서 접촉자를 개폐하는 구조이고, 고압교류 전동기에 이용된다.

(5) 진공 차단기(VCB)

개폐전극을 진공통에 투입한 진공접촉기(VCS)을 이용한 차단기 이다. 소형으로 경량이기 때문에 VCS와 전력 Fuse를 조합한 고압콤비네이션스타터로서 전동기용으로 적용된다.

1. 23. 5 단전기 (Relay)

전기적인 양의 변화에 따라 동작하고 전기회로의 상태를 변경하는 기구이고 목적에 따라 다음과 같이 분류 할 수 있다.

(1) 보호단전기

전력선, 전력기기에 발생한 이상상태에 대응 동작한다.

(2) 제어단전기

정상상태에서 동작하고, 다른 단전기나 장치를 제어하는 단전기로 한시 Relay(타이머)도 포함 된다.

(3) 조정단전기

편차분에 대응 동작해서 규정범위에 복원시키는 것을 목적으로 하는 것으로 On -Off식 자동제어에 이용 된다.

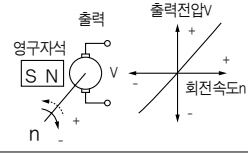
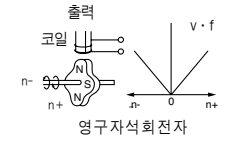
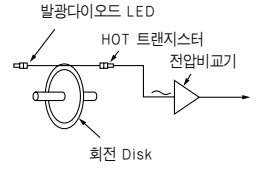
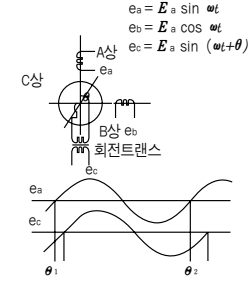
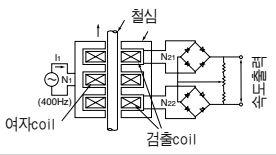
(4) 보조단전기

한개 기구를 동작시키는 단전기이고, 시퀀스제어의 보조용으로 다수 이용된다. 복잡한 시퀀스제어나 연산회로용에 수 mA급의 대단히 응답이 빠른 Lead Relay등도 있다.

1. 23. 6 속도와 위치 검출기

〈표 1-17〉에 통상 사용되는 검출기기를 나타내었다.

표 1-17 속도와 위치 검출 기기

명 칭	검출대상	구 성 과 특 징
직류 타코 제너레이터 (Generator)	속 도	<p>전압의 발생원리는 직류발전기와 같고 전압 Ripple을 작게 하기위하여 전기자 Slot 수를 많게 하는등의 노력을 하고 있다. 직선성은 0.3%, Ripple은 5%정도이고 1/1000 정도의 속도제어 범위까지 적용할 수 있다.</p> 
FG (Frequency Generator)	속 도	<p>주파수발전기라 불리운다. 영구자석 다극회전자가 회전하면 고정자에 회전수에 비례한 주파수의 전압을 유기하는것을 이용한 것. 그 신호를 F/V 변환기에서 전압신호로 변환해서 아날로그 속도신호로서 이용한다. 저속까지 안정한 검출은 어렵지만 저 Cost이다.</p> 
로타리 엔코더	속 도 상대위치 절대위치	<p>유리등에 광투과 Slit을 잘라, 발광소자를 유리에 대향시킨 수광소자의 출력으로 위치를 안다. 광학식의 Pulse 제너레이터이다. 90°위치의 어긋난 신호를 내는것이 많다. 회전방향의 검출이 가능하다. 분해능력은 200 - 4000p/rev정도이다. 인크리멘탈형은 전원을 일단 잘라버리면 현재위치를 기억할 수 없다. 그래서 출력 pulse를 15bit정도로 구성해서 절대위치를 검출 하는 것이 어뷰스류트형이다.</p> 
마그네틱스케일	위 치	<p>규정에 맞게 착자된 자석과 검출 헤드와의 자기 결합상태에 따라 위치를 안다. μm 단위의 검출이 가능하다.</p>
레이저스케일	위 치	<p>규정에 맞게 깎인 미세 Scale에 레이저광을 주사시켜 반사회색광의 위상에서 위치를 검출한다. $0.01\mu m$급의 정도를 얻을 수 있다.</p>
Resolver (정현파여자) 인터독신	속 도 절대위치	<p>Resolver는 고정자권선에서 발생한 자속을 회전자권선에서 검출하고, 양권선의 전압을 비교해서 회전자의 위치를 검출하는 장치이다. 고정자에 서로 직각인 A상 B상의 2권선을 두고 정현파전압을 인가 한다. A상권선과 회전자권선과의 이루는 각도를 θ 로 하면 회전자권선에는 e_c 전압을 유기한다. 이 전압을 회전트랜스를 통해 브라시레스로 검출한다. 인가 전압과 출력 전압과의 위상차를 검출하는것에 의해 회전자의 위치 θ를 구할 수가 있다. 이것을 미분하면 속도신호가 된다.</p>  $e_a = E_a \sin \omega t$ $e_b = E_a \cos \omega t$ $e_c = E_a \sin (\omega t + \theta)$
리니어 속도 검출기 (자기식)	속 도	<p>중앙코일 N_1을 고주파(400Hz정도)여자해서 대상 LOT에 와전류를 생성시켜 양단 코일 N_{21}, N_{22}에서 속도에 비례한 와전류자계를 차동 검출해 직선성의 좋은 속도 신호를 얻는다.</p> 
리니어 속도 검출기 (레이저식)	속 도 속도군 회전군 진동	<p>이동하는 피측정물에 레이저 광을 주사시켜 피측정물에서의 산란광은 도플러 효과에 의해 주파수 변화를 받는다. 그 산란광을 렌즈로 수광해서 다음식에 도플러 주파수 f_d로 전기신호에 변환(에테르다인검파)해서 속도를 안다. $f_d = (2V/\lambda) \sin(\phi/2) \cos \Delta \theta$ V는 피측정물 속도, λ는 레이저파장, ϕ는 조사플로브의 교각각, $\Delta \theta$는 플로브 쿼브의 직각에서의 어긋난 각도이다.</p>