

센서공학

교류 전동기 / 직류 전동기 / 전동기의 제어기

2018년 1학기

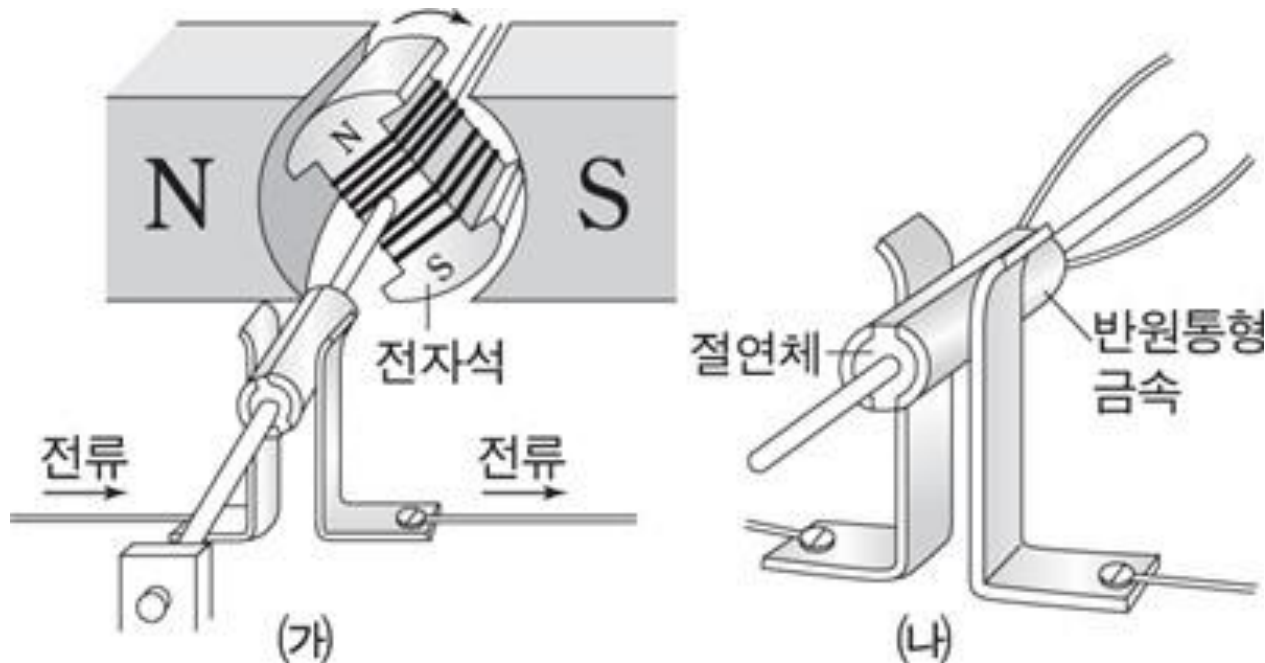
6th class

Jihoon Jang

1. 전동기의 개요

■ 전동기의 원리

: 자석(자기장) 속에 놓여 있는 도선에 전류가 흐르면 플레밍의 왼손 법칙에 따라 도선이 힘을 받아 회전 함

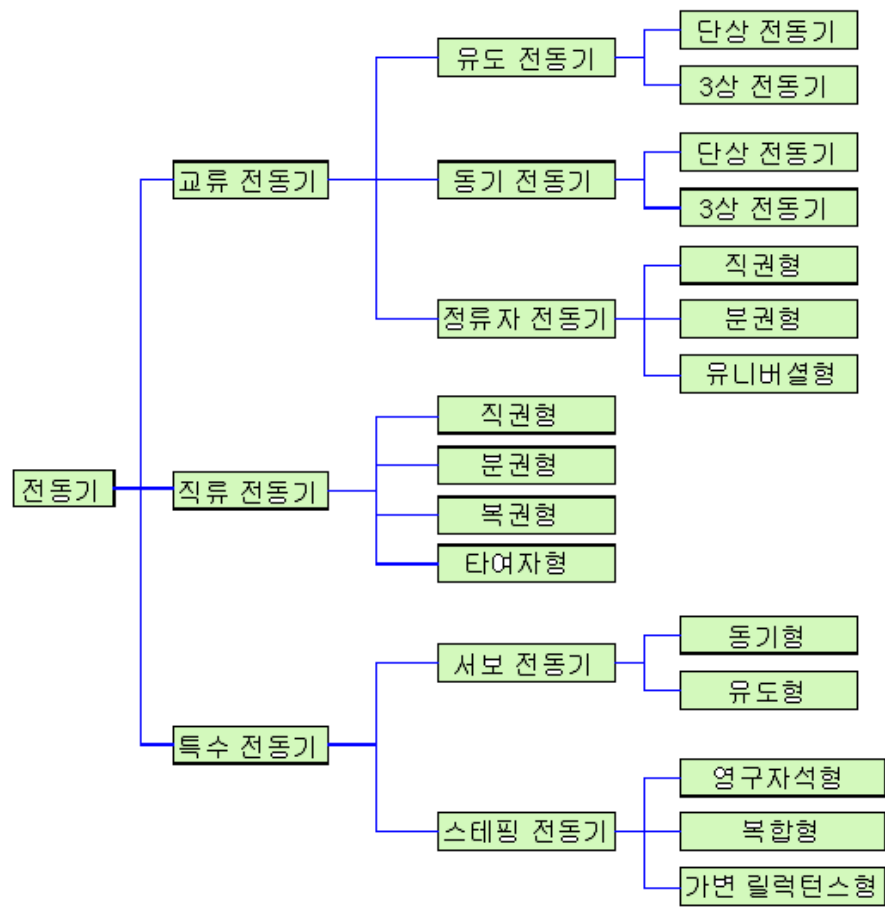


<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=941097&cid=47338&categoryId=47338>

1. 전동기의 개요

■ 전동기의 종류

: 전기 에너지의 종류, 동작 원리 및 구조, 기동 방식 등으로 다양하게 구분됨



2. 교류 전동기

■ 교류 전동기

1. 기본적인 작동 방법

: 고정자 권선에 전원이 공급되면 전자 유도 작용에 의하여 맴돌이 전류가 발생 → 자기장에 의해 회전자에 전류가 흐르는 순간 토크가 발생
→ 축을 중심으로 회전

2. 교류 전동기의 종류

- 1) 공급전원 : 단상 전동기, 3상 전동기
- 2) 회전자의 형태 : 유도 전동기, 동기 전동기

2. 교류 전동기

■ 유도 전동기

: 상용 전원인 교류전원을 사용하여 운전하는 전동기

→ 전원 공급장치가 필요 없고, 기본적인 구조가 고정자와 회전자로 구성되어 있어 견고함



<https://ko.wikipedia.org/wiki/%EA%B5%90%EB%A5%98%EC%A0%84%EB%8F%99%EA%B8%B0>

2. 교류 전동기

■ 유도 전동기

: 고정자에 교류 전압을 가하여 전자 유도로서 회전자에 전류를 흘려 회전력을 생기게 하는 교류 전동기

1. 특징

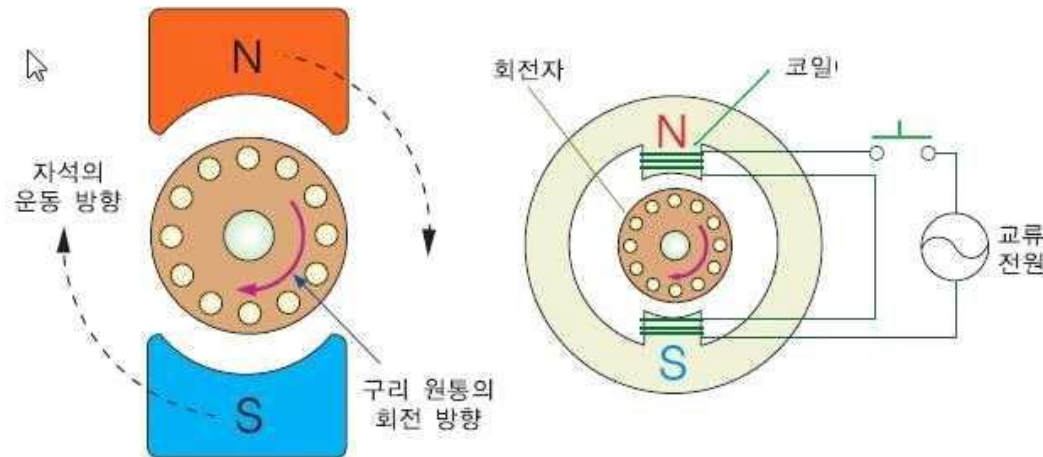
- 1) 가장 많이 사용되는 전동기 종류
- 2) 사용전원 : 교류
- 3) 구조가 튼튼함
- 4) 가격 저렴함
- 5) 취급이 간편함

2. 교류 전동기

■ 유도 전동기의 회전원리

1. 단상 유도 전동기

- 단상 교류 전원에 의해 구동되며, 고정자 권선이 1상인 자극 $N \rightarrow S$ 가 전기적으로 180° 의 권선 구조를 가짐
- 회전 자기장이 발생하지 않으므로, 보조 권선을 사용하여 회전 자기장을 만들어 주거나 상을 변화시키고 자극의 불평형을 만들어 기동
- 냉장고, 세탁기, 식기 세척기, 선풍기 등의 소용량 동력원으로 많이 사용

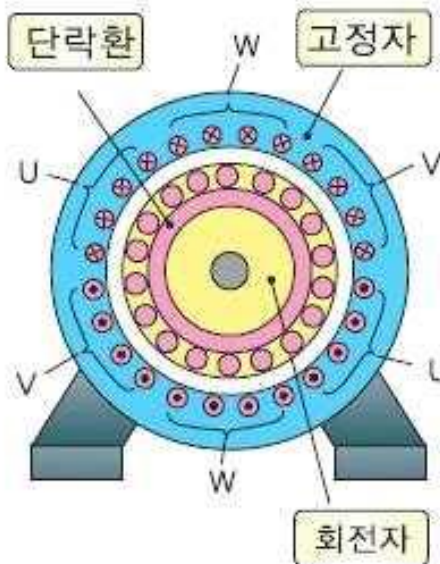


2. 교류 전동기

■ 유도 전동기의 회전원리

2. 3상 유도 전동기

- 원 둘레에 120° 간격으로 3상 고정자 권선을 배치하여 3상 사인파 교류 전원에 의한 회전 자기장을 얻고, 그 내부의 회전자를 회전시켜서 동력을 얻는 구조
- 3상 교류 전원만으로 운전이 가능하며 기계적 구조가 간단하기 때문에 견고
- 공장, 빌딩 등의 건물의 대용량 동력원으로 사용



2. 교류 전동기

■ 동기 전동기

: 영구 자석을 회전자로 하고, 회전자의 자극 가까이 반대 극성의 자극을 가까이 가져다 놓고 회전시키면 회전자는 이동하는 자석의 흡인력으로 같은 속도로 회전하는 원리를 이용한 전동기

→ 단상 또는 3상으로 구분



<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=716620&cid=42319&categoryId=42319>

2. 교류 전동기

■ 동기 전동기

: 고정자에 교류 전압을 가하여 전자 유도로서 회전자에 전류를 흘려 회전력을 생기게 하는 교류 전동기

1. 특징

- 1) 여자기가 필요
- 2) 값이 비쌈
- 3) 속도가 일정
- 4) 역률 조절이 쉬움

→ 정속도 대동력용으로 사용

3. 직류 전동기

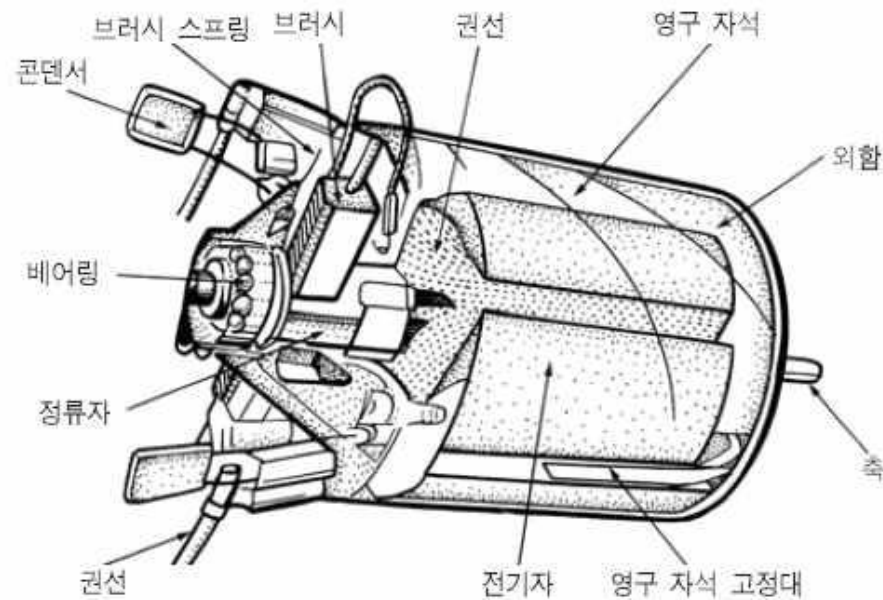
■ 직류 전동기

: 직류전원을 사용하여 회전을 일으키는 장치

→ 주 프레임과 회전자 부분으로 이루어 짐

- 주 프레임 : 외함, 브러시 및 계자극 (비 회전 부분)

- 회전자 : 전기자, 정류자 및 전기자 도체



3. 직류 전동기

■ 직류 전동기의 구성

1. 주 프레임

1) 고정자 : 계자 권선이 감긴 철심 혹은 (소형의 경우)영구자석

→ 고정자의 극수에 따라 전동기의 용량과 회전 속도 변경

2) 정류자 : 일정한 방향으로 회전하도록 정류의 방향을 주기적으로

바뀌 전기자에 공급하는 장치

2) 브러시 : 회전하는 정류자에 전원을 공급하는 부분

→ 전동기의 수명, 기계적 소음, 전기적인 소음 등에 직접적인 영향을 줌

→ 정류자의 회전 속도, 접촉 압력, 마찰 계수, 주변 온도 등에 영향을 받음

3. 직류 전동기

■ 직류 전동기의 구성

1. 주 프레임

4) 프레임 : 영구 자석을 고정하고 자속의 경로로 사용됨

5) 영구자석 : 자기장을 유지

3. 직류 전동기

■ 직류 전동기의 구성

2. 회전자

- 1) 회전자 : 자석이 생성한 자계 내에서 N극에서 S극으로 지나가는 자계의 통로가 되고 코일이 받는 힘을 축으로 전달함
- 2) 정류자 : 회전자가 동일한 방향으로 계속 힘을 받기 위해서 자력선의 극이 바뀔때 따라 브러시로부터 전달되는 전류의 흐름을 바꾸어 주는 역할

3. 기타 장치

- 1) 축 : 회전자의 운동을 연결된 물체에 전달
- 2) 베어링 : 회전자를 지지

3. 직류 전동기

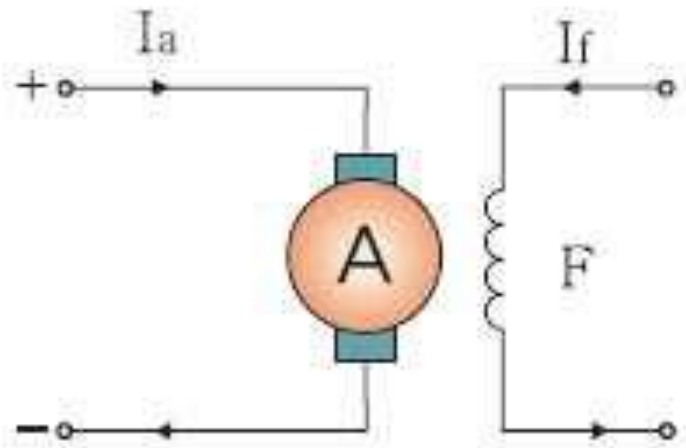
■ 직류 전동기의 종류

1. 타여자 전동기
2. 자여자 전동기
 - 1) 직권 전동기
 - 2) 분권 전동기
 - 3) 가동 복권 전동기
 - 4) 차동 복권 전동기

3. 직류 전동기

■ 타여자 전동기

- : 전기자 권선과 계자 권선을 각각 별도의 전원에 접속하는 방식
 - 계자 및 전압 제어가 모두 가능하여 주로 큰 출력이 요구되는 산업용 공작기계에 사용
 - 설비가 복잡하여 가격이 비싸고 유지보수가 어려움



(a) 타여자 전동기

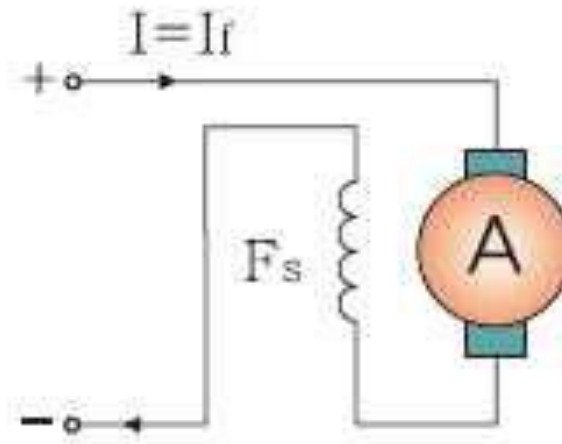
3. 직류 전동기

■ 직권 직류 전동기

: 전기자 권선과 계자 권선이 직렬로 전원에 접속하는 방식

→ 부하 전류가 증가하면 현저히 속도가 감소하며, 부하 전류가 감소하면 급격히 속도가 상승

→ 무부하의 경우 속도가 매우 높아짐



(b) 직권 전동기

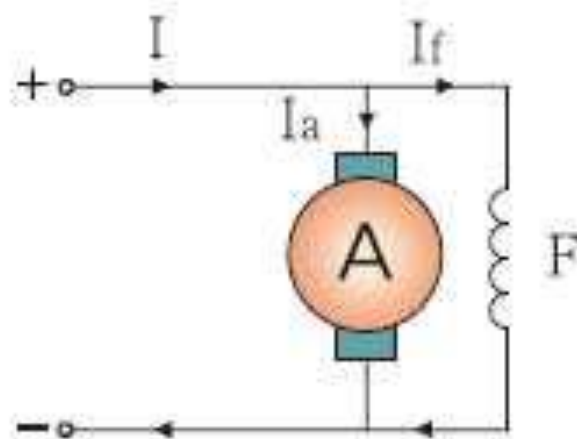
3. 직류 전동기

■ 분권 직류 전동기

: 전기자 권선과 계자 권선이 병렬로 전원에 접속하는 방식

→ 여자 전류가 일정하여 부하에 의한 속도 변동이 거의 없음

→ 정밀한 속도 제어가 요구되는 공작 기계, 압연기 등에 사용



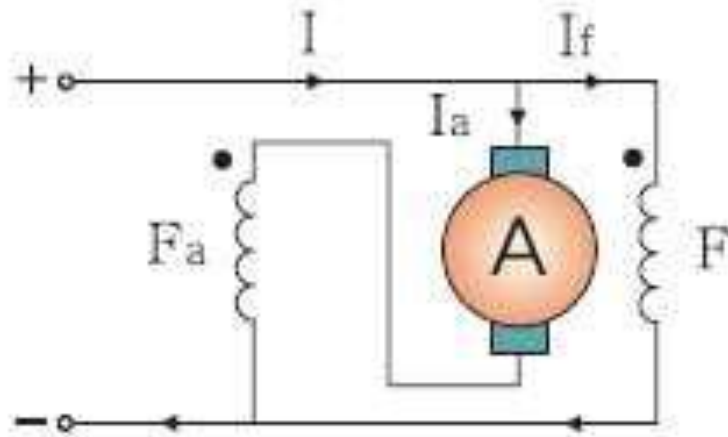
(c) 분권 전동기

3. 직류 전동기

■ 가동 복권 직류 전동기

: 가동 복권 전동기는 직권 계자 권선에 의하여 발생하는 자속과 분권 계자 권선에 의하여 발생하는 자속이 같은 방향으로 합성되어 자속이 증가하는 방식

- 토크가 크고, 무부하가 되어도 직권 전동기와 같이 위험 속도가 되지 않음
- 절단기, 엘리베이터, 공기 압축기 등에 사용



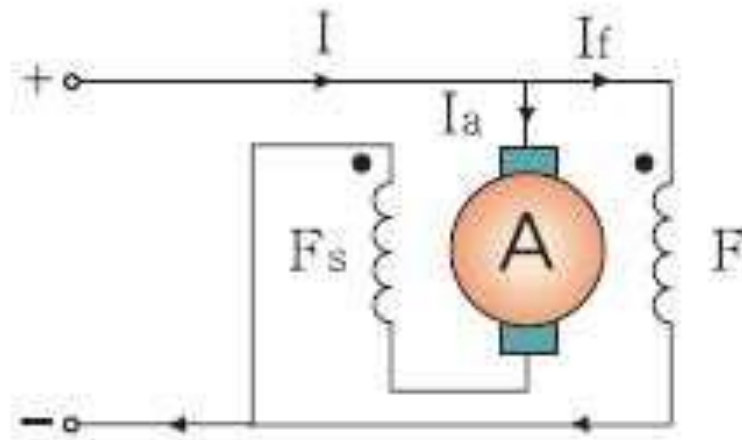
(d) 가동 복권 전동기

3. 직류 전동기

■ 차동 복권 직류 전동기

: 분권 계자 권선과 직권 계자 권선의 자속이 서로 반대가 되어
상쇄하는 구조의 전동기

→ 부하 전류의 증가로 인하여 자속의 방향이 반대가 되어 역회전 되는
경우 발생



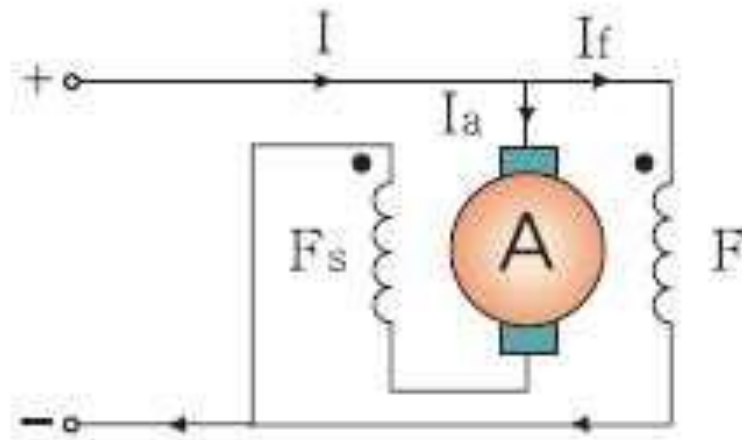
(e) 차동 복권 전동기

3. 직류 전동기

■ 차동 복권 직류 전동기

: 분권 계자 권선과 직권 계자 권선의 자속이 서로 반대가 되어
상쇄하는 구조의 전동기

→ 부하 전류의 증가로 인하여 자속의 방향이 반대가 되어 역회전 되는
경우 발생



(e) 차동 복권 전동기

4. 서보 모터 / 스테핑 모터

■ 서보 (servo) 및 서보 모터 (servo motor)

1. 서보의 개념

: 어떤 장치의 상태를 기준이 되는 것과 비교하고, 안정이 되는 방향으로 피드백(feedback)함으로써 가장 적합하도록 자동 제어 하는 것
혹은 임의의 목적값에 가까워지도록 제어하는 것

2. 서보 모터

: 서보매커니즘을 적용한 모터

→ 일반적인 모터와는 달리 움직임을 지정하면 제어계측 회로에 의해 정확하게 움직일 수 있는 모터

4. 서보 모터 / 스테핑 모터

■ 서보 모터의 종류

1. 직류 서보 모터
2. 교류 서보 모터 (=브러시리스 서보 모터)
 - 1) 동기형
 - 2) 유도형

4. 서보 모터 / 스테핑 모터

■ 직류 서보 모터

1. 직류 서보 모터의 구동방식

- 1) 상용 교류전류를 반도체 스위칭 소자를 이용하여 펄스폭 변조하여 직류 전원을 얻음
- 2) 직류 전원이 모터에 인가되는 시간 폭을 변화시켜 전동기에 공급되는 평균 전압의 크기를 조정

4. 서보 모터 / 스테핑 모터

■ 직류 서보 모터

2. 직류 서보 모터의 특징

- 1) 전류에 대하여 발생 토크가 비례 : 선형 제어계의 구성이 가능
→ 간단한 회로로 안정된 제어계 설계가 가능
- 2) 제어성이 우수, 제어 장치가 저렴
- 3) 브러시와 정류자를 포함하기 때문에 브러시의 마모 발생
→ 유지 보수가 필요
- 4) 정류에 의한 다량의 발열 발생 및 냉각 필요
- 5) 발열, 정류 불꽃, 섬락 발생 → 수명이 짧고 불안정

4. 서보 모터 / 스테핑 모터

■ 교류 서보 모터

1. 동기식 서보 모터의 특징

- 1) 제어계 이외의 동작 특성은 일반 동기형 모터와 동일
- 2) 전기자 전류와 토크의 관계가 선형 : 제동이 용이, 비상 정지시에
다이나믹 브레이크가 작동
- 3) 제어시 회전자 위치를 검출해야 함 : 광학식 엔코더 혹은 리졸버를
사용하여 회전 속도 검출
- 4) 전기자 전류에 고주파 성분 포함 : 토크 리플 및 진동의 원인

4. 서보 모터 / 스테핑 모터

■ 교류 서보 모터

2. 유도식 서보 모터의 특징

- 1) 제어계 이외의 동작 특성은 일반 유도형 모터와 동일
- 2) 회전자 구조가 간단 : 위치 검출 센서 필요 없음
- 3) 정지시에도 여자 전류를 계속 흘려주어야 함
→ 발열 손실 발생
- 4) 비상 정지시에 다이내믹 브레이크 사용 불가

4. 서보 모터 / 스테핑 모터

■ 스테핑 모터 (=스텝 모터, Stepper motor)

: 한 바퀴의 회전을 많은 수의 스텝들로 나눌 수 있는 브러시리스 직류 전기 모터
→ 회전의 정밀한 제어가 가능하지만, 토크가 낮음



http://www.newtc.co.kr/dpshop/shop/item.php?it_id=1314664258

5. 모터의 선정

■ 전동기 선정의 고려항목

1. 부하 토크 및 속도 특성에 적합한 것을 선정
2. 운전 형식에 적당한 정격 및 냉각 방식에 따라 선정
3. 사용 장소의 상황에 알맞은 보호 방식에 따라 선정
4. 고장이 적고 신뢰도가 높으며, 운전비가 싼 것을 선정
5. 가급적 정격 출력인 기기를 선정
6. 용도에 알맞은 기계적 형식의 것을 선정

5. 모터의 선정

■ 모터의 부하 특성과 속도 특성

1. 부하 특성

1) 정토크 특성의 부하

: 속도의 변화에 관계없이 일정한 토크를 필요로 하는 특성을 가진 부하
→ 컨베이어, 인쇄기 등

2) 정출력 특성의 부하

: 큰 토크가 필요할 때는 회전속도를 낮추어 운전하고,
회전속도가 빠를 때에는 필요한 토크가 작아도 되는 특성의 부하
→ 위치 구동모터나 공작기계 등

3) 저감 토크 특성의 부하

: 토크가 속도에 거의 제곱에 비례하여 증가하는 특성을 가진 부하
→ 송풍기, 펌프 등

5. 모터의 선정

■ 모터의 부하 특성과 속도 특성

2. 속도 특성

1) 정속도 모터

: 부하에 상관없이 일정한 속도로 운전하는 모터

2) 변속도 모터

: 단자 전압이나 주파수를 일정하게 해도 모터의 회전속도가 부하에 따라 현저하게 변화하는 모터

3) 다단속도 모터

: 정속도 모터의 일종으로 회전속도를 몇개의 단계로 변화시키는 모터

4) 가감속도 모터

: 정속도 모터의 일종으로 회전속도를 광범위하게 가.감속하는 모터

5. 모터의 선정

■ 속도 제어 방식의 선정

: 부하 특성, 속도 제어 범위, 응답성, 기기효율, 조작성, 보전의 용이성, 경제성 등을 종합적으로 검토

1. 유도 전동기의 속도 제어

1) 주파수 제어

- 가변 주파수 전원을 이용하여 속도를 제어 : 인버터
- 속도제어 전 영역에서 고효율 운전이 가능하고, 광범위한 속도제어 가능

2) 극수변환 제어

- 1차 권선의 접속 변경에 의해 극수를 1:2로 전환하여 2단계의 속도를 얻는 방법 및 1차 권선에 2조의 극수가 다른 권선을 만들어 3단계의 속도를 얻는 방법 등
- 단계적인 속도제어에 유리

5. 모터의 선정

■ 속도 제어 방식의 선정

1. 유도 전동기의 속도 제어

3) 1차 전압제어

- 사이리스터 회로 등을 이용해서 1차 전압을 증감시켜 토크가 변화하는 것을 이용해 슬립률을 변화시켜 속도를 제어하는 방법
- 장치가 간단하나 저속시 효율이 나쁨

4) 2차 저항제어

- 비례추이의 원리를 이용하여 권선형 유도 전동기의 2차 측에 접속한 외부 저항값을 조정하여 슬립을 변화시켜 속도를 제어하는 방법
- 권선형 유도전동기에만 적용할 수 있는 방식
- 장치가 간단하나 저속시 효율이 나쁨

5. 모터의 선정

■ 속도 제어 방식의 선정

1. 유도 전동기의 속도 제어

5) 2차 여자제어

- 2차 저항 제어 방식에서 저항값을 조정하는 대신에 슬립 주파수의 2차 여자 전압을 제어하여 속도제어를 하는 방법
- 효율이 좋으나 속도제어 범위가 좁음

5. 모터의 선정

■ 속도 제어 방식의 선정

2. 직류 전동기의 속도 제어

1) 전압제어

- 단자 전압을 변화시켜 속도를 제어
- 가변 직류 전압 전원으로서 는 사이리스터를 이용한 정지 레오나드 방식이 주로 사용
- 광범위한 속도제어 가능, 효율 및 응답성 우수

2) 저항제어

- 전기자 회로에 직렬로 저항을 삽입하고 그 값을 변화시켜 속도를 제어
- 속도 변동이 크고 효율이 낮음

3) 계자제어

- 계자전류를 조정함에 따라 계자 자속 ϕ 을 변화시켜 속도를 제어
- 정출력 특성이지만 속도제어 범위가 제한적

5. 모터의 선정

■ 사용 장소에 따른 모터의 선정

1. 방수형 : 옥외용 또는 선박의 갑판용 전동기로 전동기 축에 물이 들어가지 않는 구조
2. 수중형 : 수중 펌프용, 선박 내의 전동기
3. 방식형 : 화학 공장 등 부식성 가스가 많은 곳
4. 방폭형 : 탄광이나 화학 공장 등 폭발성 물질이 있는 곳
5. 방습형 : 습기가 많은 곳
6. 방진형 : 먼지, 분진이 많은 장소 : 제분소, 사료공장, 도정공장 등에 적합
7. 방적형 : 습기가 많은 장소 즉, 물방울이 떨어지는 장소

감사합니다

■ 참고 문헌

1. NCS 학습모듈 : 모터제어
2. 전기기기의 이해 : 김남준외, 2013년, 태영문화사
2. 기타 그림자료 : 자료 밑 표기