

# 제 2장

## 유도전동기의 특징

2.1 3상 유도전동기

2.2 단상유도전동기

## 2. 유도전동기의 특징

전동기는 전기 Energy를 기계 Energy로 바꾸는 장치이다.

또 전동기에 의해 얻어지는 전동력은 가장 편리한 동력원으로서 Energy 변환율이 좋고 기동이나 정지가 스위치에 의해 아주 간단하게 이루어지며 필요에 따라 속도제어가 가능하다.

### 2. 1. 1 3상 유도전동기

3상 유도전동기의 특성을 나타내는 곡선은 여러가지 있다. <그림 2-1>은 속도·회전력 특성곡선(Speed-torque characteristic curve:S-T curve)이고, <그림 2-2>는 부하특성 곡선이다. 속도·회전력 특성곡선은 가속특성을 판단하는 것이고, 부하특성곡선은 전기적 입·출력 특성을 나타내는 것이다.

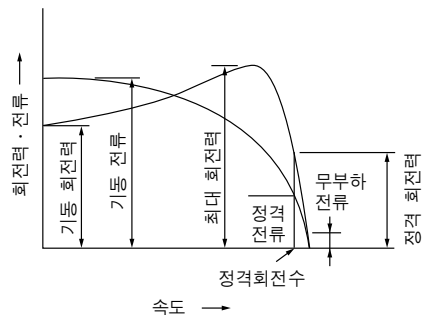


그림 2-1 3상 유도전동기의 속도·회전력특성곡선

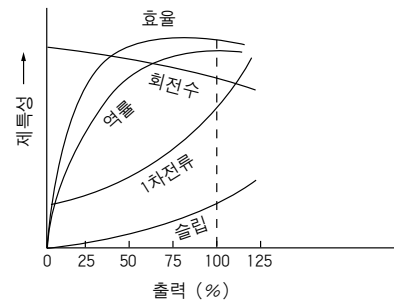


그림 2-2 3상 유도전동기의 부하특성곡선

유도전동기는 회전자구조에 따라 농형과 권선형으로 나누어지고 이들 특성에는 차이가 있으며, 특히 농형에서 2차 도체와 슬롯의 형상에 따라 속도·회전력 특성은 달라진다.

#### (1) 보통농형유도전동기(Squirrel-Cage Motor)

<그림 2-3>과 같이, 회전자권선이 여러개의 도체(Bar)와 이 도체를 단락시키는 단락환(End Ring)으로 구성되어 있는 것을 농형회전자(Squirrel-Cage Rotor)라 한다.

농형회전자는 알미늄 다이캐스팅(Die-Casting)으로 대량 생산이 가능하기 때문에 생산성이 높다.

이 전동기는 취급과 구조가 간단하고 견고하기 때문에 가격이 싸고, 운전시 효율, 역률, 최대회전력은 우수하나

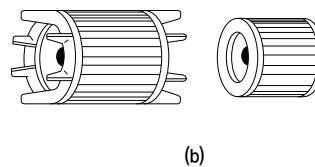
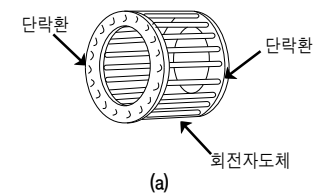


그림 2-3 농형 회전자

기동전류가 정격전류의 600~700%로 크고, 기동회전력은 정격회전력의 125~200%로 크지 않다. 기동전류가 크기 때문에 5.5kW 이상이면 Y-Δ 기동방식이나 기동보상기를사용해야 하는 불편이 있으므로 3.7kW이하에 적용된다.

#### (2) 특수농형유도전동기

특수농형유도전동기에는 다음의 3종류가 있다.

##### (a) 2중농형유도전동기(Double-Squirrel-Cage Motor)

회전자슬롯(Slot)은 <그림 2-4>와 같이 회전자도체를 이중으로 하여 도체저항이 큰 외측 슬롯과 도체저항이 적은 내측슬롯을 병렬연결한 것이다. 2차측(회전자) 주파수는 운전시 낮고, 기동시는 높기 때문에 <그림 2-5>와 같이 슬롯내측은 누설자속에 의해 누설리액턴스가 증가하여 기동시 대부분의 회전자전류는 외측 즉, 고저항 측으로 흐르고, 정격회전수에 이르면 회전자전류는 저항이 적은 내측도체로 흐르게 된다. <그림 2-5> 따라서 기동시는 권선형회전자에 기동저항을 연결한 상태가 되고, 정격회전수에는 농형회전자의 상태가 되어 고효율, 고역률이다.

특성은 보통농형과 권선형의 중간이고, 기동전류는 정격전류의 500~700%, 기동회전력은 정격회전력의 150~350%이다. <그림 2-6>은 보통농형과 2중농형의 특성을 비교한 것이다.

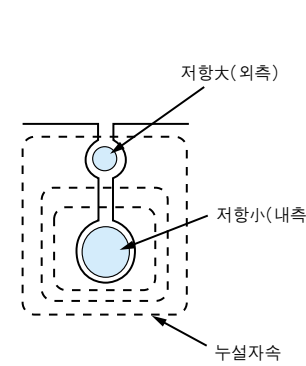


그림 2-4 2중농형의 회전자 슬롯

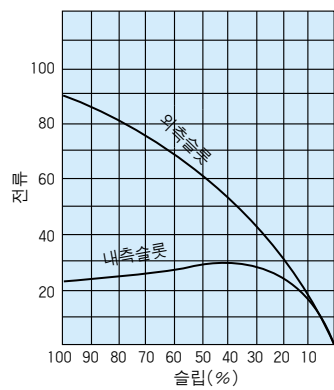


그림 2-5 2중농형 회전자 도체의 전류 (7.5마력 4P 60Hz)

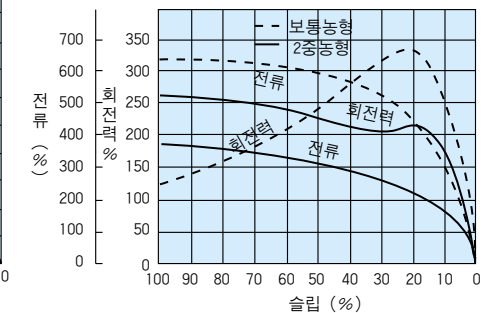


그림 2-6 보통농형과 2중농형의 특성비교

##### (b) 심구농형유도전동기(Deep-Bar Motor)

2중농형유도전동기와 동일 원리로서 슬롯의 폭과 길이의 비는 1:8 이상이다. 2중농형유도전동기처럼 기동시 도체의 하부는 누설자속에 의한 누설리액턴스의 증가로 도체상부에 전류가 집중되어 도체단면적이 적어지고 실효저항이 커지는 현상 <그림 2-7>을 이용한 것으로 기동특성이 좋다.

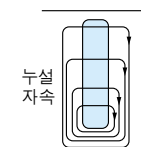


그림 2-7 심구효과 (표피작용)

운전중에는 전류가 전체도체에 균일하게 흐르기 때문에 효율이 좋아진다. 심구형은 2중 농형에 비해 발열은 동일하지만 도체가 1개이므로 냉각효과가 우수하여 기동·정지가 빈번한 경우에 적합하다.

(c) 고저항농형유도전동기(High Slip Single Cage 또는 High-Resistance Motor)

구조는 보통농형과 동일하나, 회전자도체를 황동(Brass)과 같은 저항이 큰 합금을 사용한 것이다. 이 전동기는 기동전류가 작고 기동회전력은 크지만, 저항이 크기 때문에 열 손실이 많아 효율이 나쁘다.

〈그림 2-8〉은 보통농형유도전동기와 고저항 농형유도전동기의 출력별 온도상승을 비교한 것이다. 정격출력으로 연속운전할 때의 온도상승은 보통농형보다 고저항농형이 25~45% 높지만, 관성부하를 정·역 반복 운전할 때는 보통농형보다 고저항농형이 낫다. 그 이유는 연속운전인 경우 고저항 농형은 보통농형보다 효율이 나빠 손실이 크지만, 정·역 반복 운전이면 기동·역상 제동(Plugging)시 고저항농형이 보통농형보다 손실이 적기 때문에 고저항농형은 정·역 반복 운전에 적합하다.

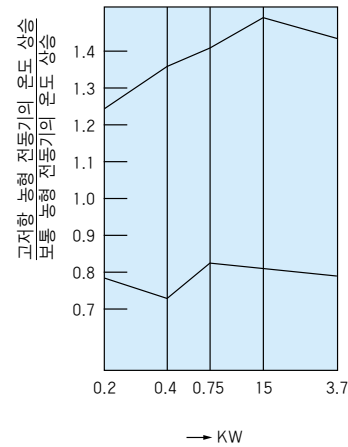


그림 2-8 보통 농형과 고저항 농형의 온도상승 비교

(3) 권선형유도전동기

회전자권선이 고정자권선처럼 다상권선으로 되어 있고, 회전자권선은 슬립링(Slip Ring)과 브러쉬(Brush)를 통해 외부저항(기동저항)과 연결된다.〈그림 2-10〉

이 외부저항을 조정하여 기동전류의 제한과 기동회전력을 증가시키고, 가속되면 외부저항을 단락시킨다. 초기의 유도전동기는 권선형이었으나, 슬립링, 브러쉬의 보수 때문에 농형이 개발되었다. 농형유도전동기와 비교하면 〈표 2-1〉과 같다.

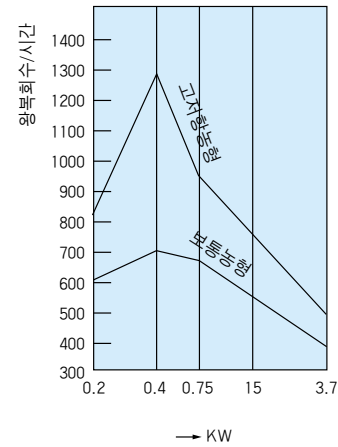


그림 2-9 무부하에서 시간당 정·역 운전 반복 가능회수 (4P 200V 60Hz)

표2-1 농형과 권선형의 비교

항 목	권 선 형	농 형
가 격	비 싸	다 싸
구 조	복 잡	잡 간
보 수	필 요	거 의 없 음
치 수 및 중 량	대	소
기 동 장 치	2 차 저 항 필 요	거 의 필 요 없 음
속 도 제 어	가 능	불 가 능
기 동 전 류	조 정 가 능	대
기 동 회 전 력	조 정 가 능	조 정 곤 란
기동시전원의영향	소	대
부 하 의 GD <sup>2</sup>	큰 값 도 가 능	제 한 없 음

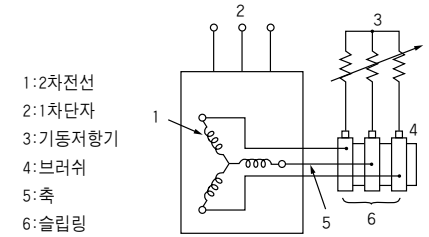


그림 2-10 권선형유도전동기의 회로

2. 2. 2 단상유도전동기

단상유도전동기의 고정자는 주 권선(Main Winding) 과 보조권선(Auxiliary Winding) 으로 구성되고, 이 두 권선은 전기각으로 90° 떨어져 있다. 주권선은 “Run” 권선 또는 “Running” 권선이라고도 하고 보조권선은 “Aux” 권선 또는 “기동” 권선이라고도 한다.

이 두 권선은 권(Turn)수가 같지 않고, 양 권선전류의 위상차도 90°가 되지 않기 때문에 불평형2상전동기가 된다.

보통 보조전선전류가 주 권선 전류보다 앞서게 설계되므로 보조권선에 의한 자계가 먼저 만들어지고, 이상적인 경우 보조권선 전류가 주 권선전류보다 90° 앞선다. 따라서 전동기는 보조권선쪽에서 주 권선쪽으로 회전하게 된다.

단상유도전동기는 3상유도전동기보다 특성이 나쁘기 때문에 크기가 동일할 때, 단상 유도전동기는 3상유도전동기 출력의 약 60%정도 된다.

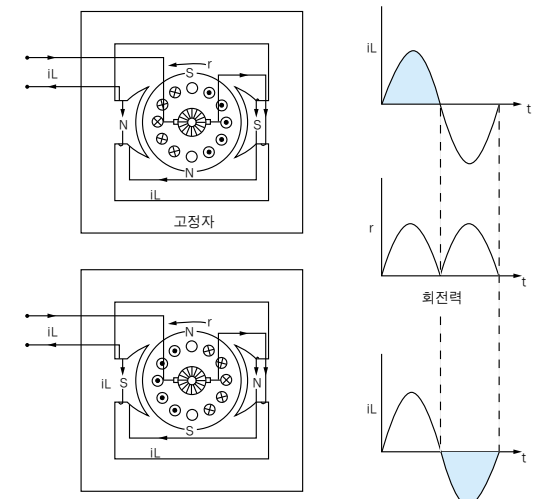
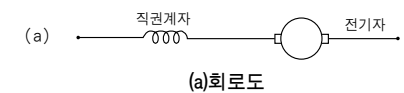


그림 2-11 만능전동기의 동작원리

(1) 만능전동기(Universal Motor)

DC전동기에서 회전력의 방향은 전기자(Armature) 도체에 흐르는 전류의 방향과 계자 자극(Field Pole)의 극성으로 결정된다. 전기자와 계자코일을 직렬로 연결하면, 전류(Line Current)의 방향이 바뀔 때 계자와 전기자전류의 방향도 바뀌므로 동일방향으로 회전력이 발생한다. <그림 2-11>

AC로 운전되는 만능전동기의 회전력은 반 주기에 1펄스(Pulse)씩 맥동하므로 맥동주파수는 전원주파수의 2배가 된다. <그림 2-11>(b)

<그림 2-12>는 AC일때의 특성이다.

만능전동기의 특징은 무부하회전수가 20,000rpm 정도이고, 정격부하시도 고속이다. 출력은 동일주파수의 다른 전동기에 비해 작지만 기동회전력이 크기 때문에, 고속회전이고 기동회전력이 큰 부하에 이용된다.

만능전동기는 직권DC전동기(Series DC Motor)라고도 하는데, AC, DC 어느 전원에서도 운전이 가능하다.

<그림 2-13>은 만능전동기에 AC와 DC를 인가한 경우를 비교한 것이다. 동일회전수에서 DC일때 출력이 더 크다.

(2) Shaded-Pole Motor

이 전동기 고정자의 돌극(Salient Pole)부에는 굽고, 단락된 동선이 감겨있고, 회전자는 농형이다. 이 단락된 동선을 셰이딩코일(Shading Coil)이라 부르며, 보조권선의 역할을 한다. 고정자의 단락동선은 철심자속의 증가를 방해하는 역할을 하여 셰이딩코일 없는 쪽으로 자속을 흐르게 하기 때문에 Shaded-Pole Motor란 명칭이 유래되었다.

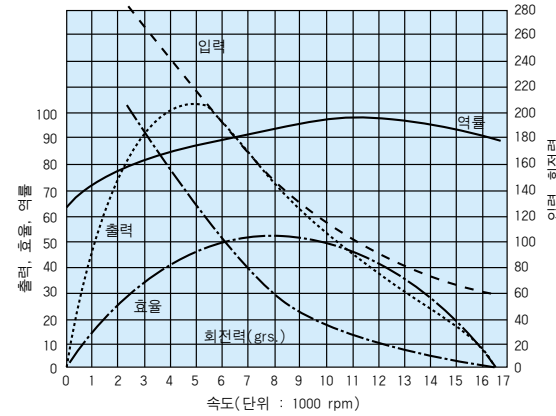


그림 2-12 만능전동기의 부하특성

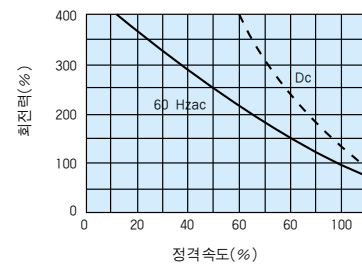


그림 2-13 전원별 만능전동기의 속도·회전력 특성

1주기의 자속변화를 4구간으로 나누어 동작원리를 살펴보면 아래와 같다. <그림 2-14>

• 구간 1

그림b(1)과 같이 셰이딩코일의 전류는 자속의 흐름을 방해하기 때문에 자속의 대부분은 셰이딩코일이 없는 쪽으로 흐르고, 회전자에 작용하는 자계의 방향은 그림 c의 1이다.

• 구간 2

자속의 흐름은 구간1과 동일하지만 감소하기 때문에 셰이딩코일의 전류는 자속을 증가시키는 방향으로 흐르게 되고, 대부분의 자속은 셰이딩코일이 있는 쪽으로 흐르게 된다. 이때 회전자에 자계는 회전한다.(그림 c의 2)

• 구간 3, 구간 4

자속의 흐름은 구간 1 및 2와 반대로 되기 때문에 회전자를 통과하는 자계는 1회전 하게된다. 따라서 이 전동기는 셰이딩코일이 없는 부분에서 셰이딩코일이 있는 부분으로 회전함을 알 수 있다. <그림 2-15>와 <그림 2-16>은 이 전동기의 특성이다.

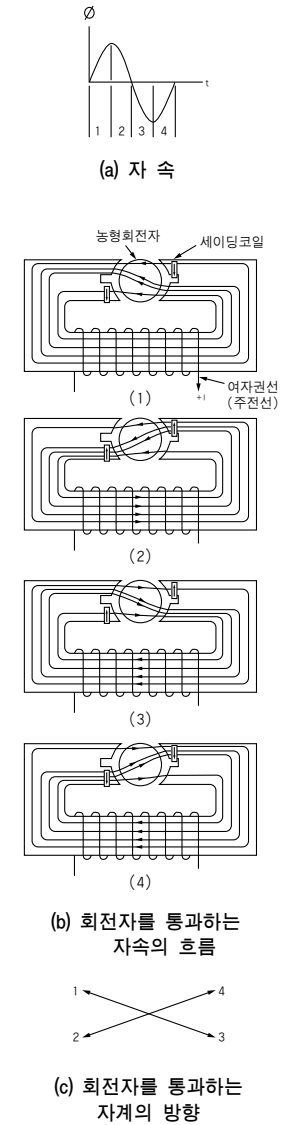


그림 2-14 셰이딩코일전동기의 동작원리

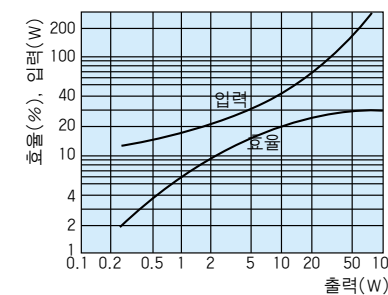


그림 2-15 셰이딩코일전동기의 특성

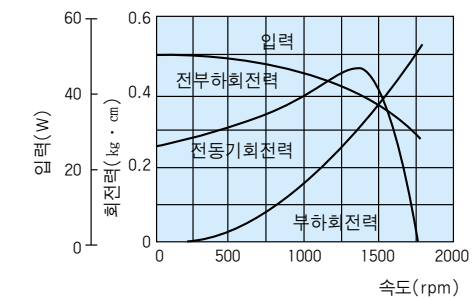


그림 2-16 셰이딩코일전동기의 특성 (4P 6W)



(3) 분상기동전동기(Split-Phase Motor)

저항분상기동전동기(Resistance Split-Phase Motor)라고도 하며, <그림 2-17>(a)는 회로도이다.

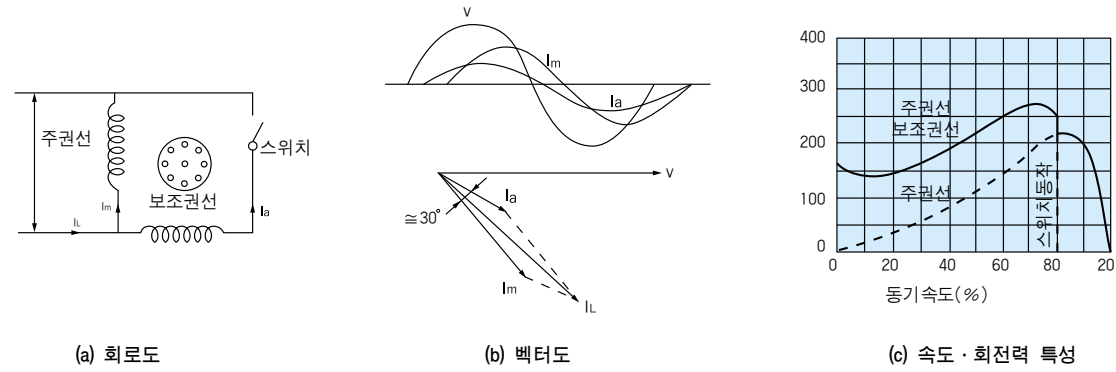


그림 2-17 분상기동전동기

이 전동기는 기동이 완료되면 원심력스위치(Centrifugal Switch)에 의해 보조권선이 개방된다. 밀폐형전동기(Hermetic Motor), 수중전동기(Submersible-Pump Motor)에는 원심력스위치 대신 전류릴레이(Relay)가 사용된다. 이 전동기의 보조권선은 주 권선보다 권수가 적고 선경이 가늘다(권수는 주 권선의 30~50%, 단면적은 15~25%). 따라서 X/R가 작기 때문에 보조권선은 주 권선보다 전압의 위상에 가깝고, 주 권선과 보조권선의 위상차는 20°~30° 정도 된다. (보조권선의 리액턴스를 줄이기 위해 고정자슬롯의 윗쪽에 둔다. 그림(b)) <그림 2-18>은 분상기동전동기의 특성이다.

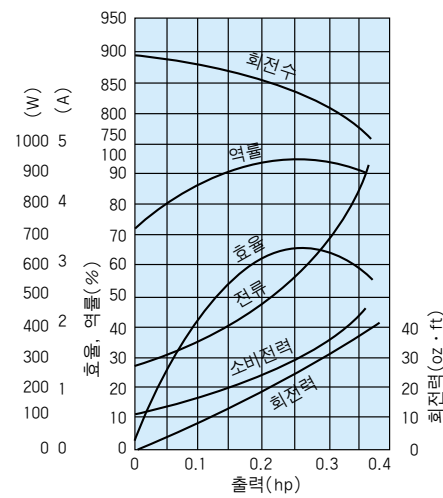


그림 2-18 분상기동전동기의 부하특성(8극 1/4마력)

(4) 컨덴서기동전동기(Capacitor-Start Motor)

보조권선에 컨덴서가 직렬연결되고, 기동이 완료되면 원심력스위치에 의해 보조권선이 개방된다. 컨덴서에 의해 보조권선전류와 주 권선전류의 위상차가 90°로 되어<그림 2-19(b)>, 저항분상기동전동기보다 기동회전력은 크고 기동전류는 작다.

<그림 2-20>은 이 전동기의 특성이다.

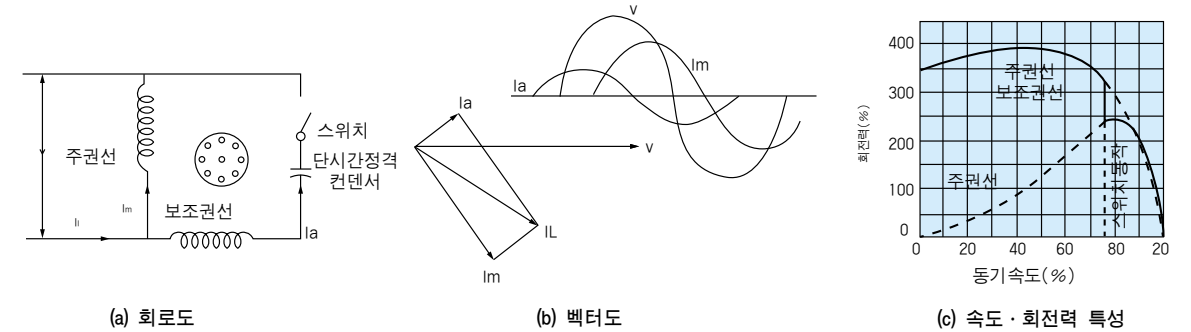


그림 2-19 컨덴서기동전동기

(5) 컨덴서운전형전동기(Permanent-Split Capacitor Motor : PSC Motor)

이 전동기에는 원심력스위치가 없고, 컨덴서는 보조권선과 항상 직렬연결되어 있다. 운전시에도 컨덴서가 직렬연결된 보조권선을 이용하기 때문에 보조권선전류와 주 권선전류의 위상차가 90°로 되어<그림 2-21>(b), 회전자전류가 감소하여 손실이 적어지고 아래와 같은 장점이 있다.

- ① 최대회전력이 5~30% 증가
- ② 정격부하시 역률과 효율의 개선
- ③ 소음 감소
- ④ 기동회전력이 5~20% 증가
- ⑤ 원심력스위치가 없으므로 소형화 되어 가격이 싸고, 신뢰성 증가.

그러나 최대회전력이 다른 전동기에 비해 작고, 회전자저항을 증가시키면 기동회전력은 증가하나 운전특성이 나빠진다(그림(c)).

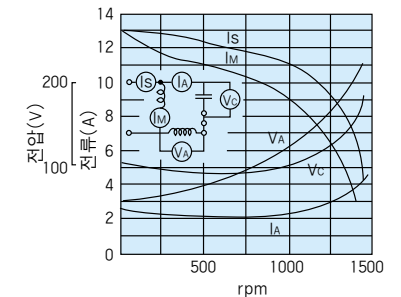


그림 2-20 컨덴서기동전동기의 부하특성

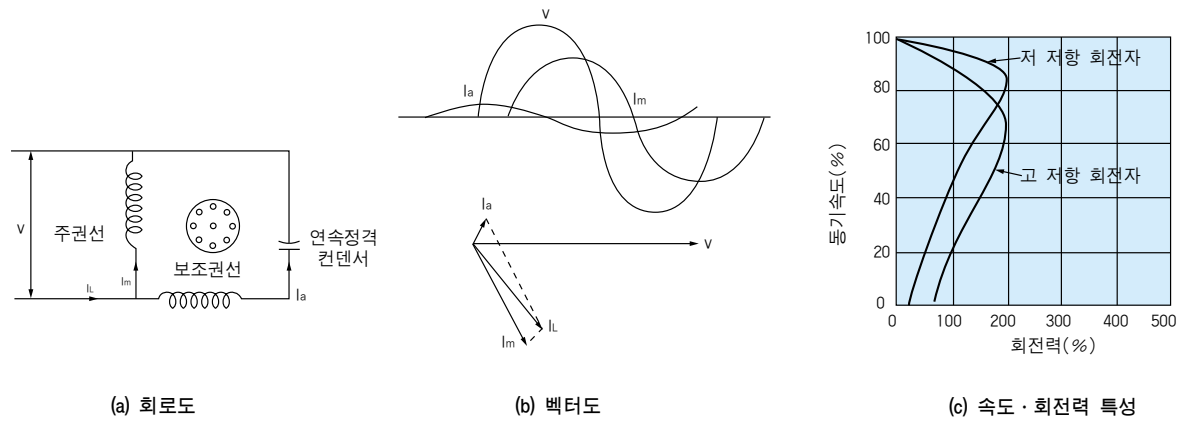


그림 2-21 콘덴서운전형전동기

〈그림 2-22〉는 슬립에 따른 주 권선전류와 보조권선전류의 변화이고, 〈그림 2-23〉은 운전용컨덴서 유·무에 대한 특성을 비교한 것이다.

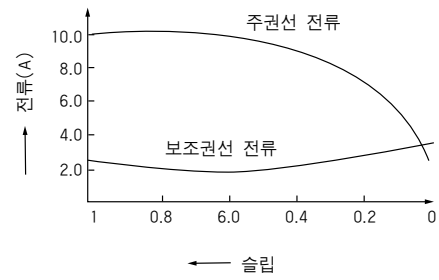


그림 2-22 콘덴서운전형전동기의 전류특성(750w 2P 100v)

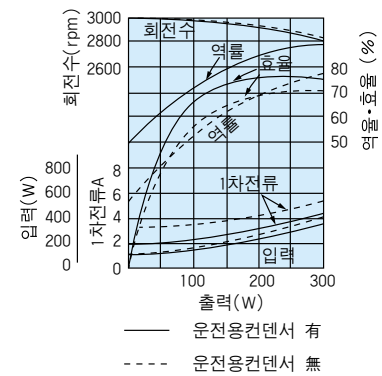


그림 2-23 콘덴서운전형전동기의 부하특성(200w 2P 100v)