

3. 전동기의 기초지식

3.1 원동기의 선정

펌프 구동용으로서 채용되는 원동기로서는 일반적으로 전동기, 내연기관(가스터빈을 포함) 및 증기터빈이 있다. 이들의 선정에 있어서는 각 원동기의 특징을 이해하는 것 외에 펌프의 용도에 맞게 설비의 신뢰성의 확보를 제 일로 경제성, 조작제어성과 유지관리의 용이성 및 설치장소의 물리적 제약조건을 고려할 필요가 있다.

전동기는 사용하는 전원의 종류, 회전자의 구조 및 외피의 형식 등에 의해 분류되고, 펌프 구동용으로서 가장 많이 사용되고 있는 원동기이다. 내연기관으로는 디젤기관, 가솔린기관 및 가스기관과 같은 왕복동의 왕적식기관과 터보형의 가스터빈이 있다. 소출력의 펌프용으로서 가솔린 기관이 사용되고 있는것외, 일반적으로는 디젤기관이 비상시용 펌프의 원동기로서 많이 사용되고있다.

가스터빈에 대해서는 적용기종에 제한이 있지만, 냉각수가 불필요한 것과 경량인 것 등의 장점을 가진 형이 적용의 대상이 된다. 또한 대용량, 고압정의 초대형 펌프 설비에서는 육상디젤기관에 의한 대응에 한계가 있고, 가스 터빈이 채용되는 경우가 많다.

증기터빈은 외연기관으로 다른 증기발생설비를 필요로하기 때문에 화력발전소와 화학공장등의 공장설비에서 증기발생원을 가져 용이하게 증기의 공급이 가능한 경우, 및 특히 방폭이 필요한 시설에 한해 사용되고 있다.

표3·1 원동기의 종류와 비교

		전동기	디젤기관
신뢰성 (재해대책)		재해시와 송전경로의 사고에 의해 정전되면 운전이 불가능 중요설비의 경우는 비상용자가발전설비를 설치하든가 2계통 수전을 요한다.	동력용전원이 단절되도 연료와 냉각부를 확보할 수 있으면 운전을 계속 할 수 있다. 보조기기, 조명등의 소용량의 비상용 자가발전설비가 필요하다.
경제성	설비비 (원동기)	특수사양의 것을 제외하면 저가격이다.	단위출력당의 가격은 전동기에 비해 높다.
	운전경비	매전의 경우 기본요금으로 인하여 운전시간이 짧은 것은 다소 높은편에 해당	연료 및 윤활유의 비용이 주이고, 사용빈도가 작은경우는 전동기에 비해 유리하다
부 대 설 비		수배전설비를 필요로하고, 대용량은 특고변전설비가 필요하고 높은 가격이다. 비상용 자가발전설비를 설치하는 경우는 다시 높은가격으로 된다.	연료유의 저장, 냉각수와 시동용공기등의 보호, 공급을 위해서 각종 보조기기를 필요로한다.
운 전 제 어		조작은 단순하고 신뢰도가 높은 자동화가 가능하다. 광범위한 속도제어가 가능하지만 손실전력을 회수할 경우 고가의 장치가 필요하다.	관련보조기기가 많고 조작은 약간 복잡하다. 속도제어는 비틀림진동에 제한되어 조정범위는 좁지만, 동력손실은 거의 없다.
유 지 관 리		보기, 소배관등도 조금 간단하다. 동력측정도 계기에 의해 쉽게 행할 수 있다.	정지중에도 정기적으로 보수운전을 중심으로한 관리가 필요하다. 무부하운전은 단시간으로 제한된다. 한 냉시에는 동결방지대책이 필요하다. 점검정비는 거의 현지에서 한다.
진동 · 소음 · 발열		모두 적다. 방음형식을 채용하면 더욱 정숙한 운전이 가능하다.	기관의 왕복운동에 기인한 진동과 폭발연소음이 있다. 배기계는 소음기에 의해 대응되지만, 본체로부터의 발생음은 저주파이기 때문에 저감이 어렵다. 환기에 대해서 충분한 배려가 필요하다.
건 설 · 기 초		입형펌프에는 종축형을 채용하는 것으로, 스페이스를 작게할 수 있고, 옥외형으로하면 상부구조의 생략도 가능하다.	진동 · 동하중을 고려한 견고한 기초를 필요로 한다. 기관은 건몸체때문에 설치면적이 크다.
용 도 예		일반적으로 사용된다, 상수도용 펌프, 도시배수용 펌프, 농지용 양배수 펌프, 산업용 펌프 등	비상시용의 하천배수 펌프, 우수배수 펌프, 농지용배수 펌프, 상수도용 펌프, 산업용 펌프, 소화펌프 등

일상적으로 운전되는 펌프용 원동기로서 일반적으로는 전동기쪽이 유리하지만 디젤기관에는 원동기의 단점을 보완하는 이점이 있다. 이때문에 예를들면 하나의 펌프를 평상시는 전동기로 구동하고, 정전시에는 디젤기관등의 내연기관으로 전환하는 방식이 취해지고 있다. 일반적인 선정에있어서는 주로 정전사고시를 가정한 후에 결정된다.

3.2 전동기

3.2.1 전동기의 분류

(1)전동기의 종류

전동기는, 전원종류에 의해 직류전동기와 교류전동기로 대별되고, 교류전동기는 다시 유도전동기, 동기전동기, 정류자전동기로 구분된다 (표3·2)

일반적으로 펌프구동용으로서 사용되는 전동기는 3상유도전동기와 동기전동기이다. 유도전동기와 동기전동기의 특성비교를 표3·3에 나타낸다. 또한, 펌프구동용으로서 특히 대용량을 제외하면 동기전동기 보다 가격이 싸기 때문에 유도전동기의 실적이 많다. 유도전동기로는 농형과 권선형이 있고 양자의 비교를 표 3·4에 나타낸다.

표3·2 전동기의 종류

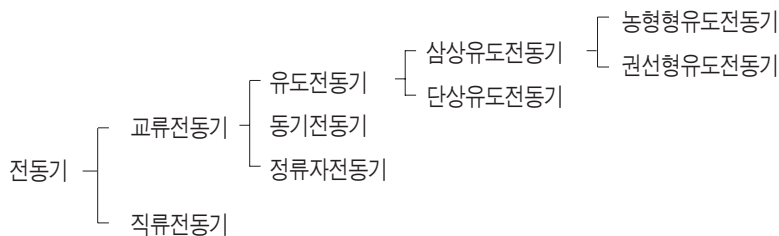


표3·3 전동기의 종류

	동기전동기	유도전동기
기 동 전 류	농형 유도전동기와 거의 같다.	농형 500~660% 권선형 100~150 %
기 동 토크	시동권선을 설치하는 것은 유도전동기와 큰 차이가 없다.	크 다
효 율	유도전동기보다도 좋다.	동기전동기보다 약간 나쁘다
역 율	100 % (선행도가능)	자연 역율로 된다.
미 꼬 립	없 다	있다(1~4 %)
여 자 창 지	필 요	불 필 요
기 기 비	유도전동기보다 고가	동기전동기보다 저가
운 전 비	유도전동기보다 저가	동기전동기보다 고가
보 수	약간 복잡	용 이

표3·4 농형과 권선형의 특성비교

	농형	권선형
구 조	간 단	약간복잡
기동전류	대(500~660)	소(100~150 %)
기동토크	100~150 %	100~150 %
토크효율	소	대
효 율	권선형과 큰차이 없다	농형과 큰차이 없다
역 율	"	"
미 꼬 립	"	"
기 기 비	권선형보다 저가	농형보다 고가
보 수	간 단	약간복잡
기동방식	직입 또는 감전압시동	2차저항시동

(주)토크효율은 기동토크와 기동전류와의 비를 백분율로 표시한 것이다.

(2)전동기의 보호 냉각 방식에 의한 분류

1)외피에 의한 보호형식

전동기의 외피에 의한 보호형식은 KSC4002에서 보호형식기호의 조합에 의해 분류하여 표3.5에 나타내었다.

2)냉각방식에의한 분류

전동기의 냉각방식은, KSC4002에서 냉각매체의 종류통로, 열확산, 보내는 방법을 나타내는 냉각방식기호의 조합에 의해 분류하여 표3·6에 나타내었다.

3)펌프구동용 전동기의 보호 냉각방식

전동기의 보호및 냉각방식에 의한 구조분류는 IP와IC의 각 기초를 조합하여 표기되지만, 펌프구동용으로서 통상 사용되는 호칭과 그것에 대응한 보호냉각방식은 방적보호형 개방옥외형, 전폐외선형, 전폐 공기냉각기 부착형 등이 있다.

4)전동기보호냉각방식의 적용

전동기가 사용되는 장소의 주위조건과 그것에 적용되는 전동기의 보호냉각방식과의 관계는 표3·10대로이다.

표3·5 보호형식기호

IP(X)XX(X)

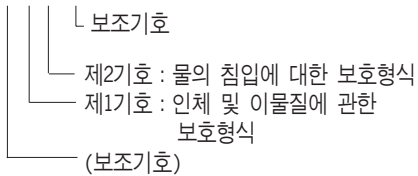
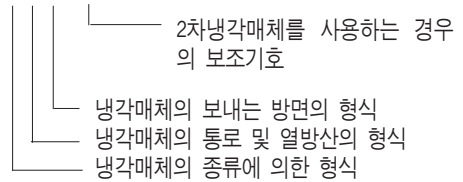


표3·6 냉각방식기호

ICXXX(XXX)



(3)보호방식의 종류

전동기 보호형식의 기호는 IP뒤에 두자리의 숫자로 표시하며, 그 숫자의 의미는 다음과 같다. (IEC 34-5)

1)첫째자리 숫자 (인체 및 고형 이물질에 관한 보호형식)

인체를 회전기 내의 회전부분 또는 도전부분에 닿지 않도록 보호하고, 또한 회전기의 고형 이물질의 침입에 대한 보호등급으로 5종류이다.

표3·7 IP 뒤에 두자리 숫자 중 첫번째 숫자의 의미

숫자	Degree of protection
0	인체의 접촉, 고형이물질의 침입에 대하여 특별히 보호하지 않는 구조
1	ø 50mm 이상의 고형체가 침입하지 않도록 한 구조
2	ø 12mm 이상의 고형체가 침입하지 않도록 한 구조
4	ø 1mm 이상의 고형체가 침입할 수 없는 구조 (외부팬에 의한 공기주입구나 Drain hole은 제외)
5	먼지가 들어갈 수 없는 구조(먼지의 완전차폐는 아니고 정상 운전을 유지할 정도)

2)둘째자리 숫자 (물의 침입에 대한 보호형식)

표3·8 IP 뒤에 두자리 숫자 중 두번째 숫자의 의미

숫자	Degree of protection
0	무보호 형식
1	수직으로 떨어지는 물방울 침투 방지 구조
2	수직에서 15° 이내로 떨어지는 물방울 침투 방지 구조
3	수직선에서 60° 이내로 분무되는 물보라 (Spray)침투 방지 구조
4	방향에 관계없이 끼얹는 물의 침투 방지 구조
5	방향에 관계없이 분사되는 물의 침투 방지 구조(Zet spary)
6	항해중 파도시 물의 침투 방지구조(항해중 물을 뒤집어써도 안전할 것)
7	지정한 수심 및 시간에 침수하고, 가령 물이 침입하여도 영향을 받지 않는 구조
8	수중에서 정상 운전할 수 있는 구조

3)일반적 전동기 보호 형식

표3·9 일반적 전동기의 보호형식

둘째자리 첫째자리	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0									
1		IP11S							
2		IP21S	IP22S	IP23S					
4					IP44	IP45			
5					IP54	IP55			

• 전동기의 침수 시험 상태에 따라 숫자뒤에 S(정지시 시험), M(운전시 시험)의 문자를 붙이며, 아무 문자도 없는 경우는 양 상황에서 각각 시험한다.

• 옥외형의 경우에는 IP와 숫자 사이에 W자를 삽입한다.

예) 전 폐 형 → IP44, 전 폐 옥 외 형 → IP44

보 호 형 → IP23 or IP W23 선 박 용 → IP55, IP56

표3·10 주위조건과 보호냉각방식의 적용

주위조건 구 조	옥 외	먼 지	습 기	부식성 가 스
방 적 형 (보호형포함)	×	×	○	○
개방옥외형	◎	○	○	○
전폐외선형	◎	◎	○	○
전 폐 공기냉각기부착형	◎	◎	◎	◎

(주) ◎ 가장바람직 ○바람직 ×바람직하지 않음
(실내보통조건은 생략)

3.2.2. 전동기의 특성

(1)정격의 종류 (KSC 4002)

정격으로는 전동기에 보정된 사용한도를 지시하고, 정격의 종류는 다음의 3가지로 구분된다.

- 1)연속정격
- 2)단시간정격
- 3)반복정격

일반적으로 펌프 구동용 전동기로서는, 단시간 사용의 것을 제외하고, 연속정격의 전동기를 사용한다.
정격의 종류, 정의, 표준치를 표3·11에 나타내었다.

표3·11 시간 정격의 종류, 정의, 표준치

종류	시간정격의 정의	표준치
연속정격	지정조건하에서 연속 사용할 때, 그 회전기에 관한 표준규격에 정해져 있는 온도상승한도를 초과하지 않고, 기타의 제한에는 벗어나지 않는 정격을 말한다.	연속
단시간정격	냉상태에서 시작하여 지정한 일정 단시간 지정조건하에서 회전기를 단시간 사용할 때 그 회전기에 관한 표준규격에 정해져 있는 온도상승 한도를 초과하지 않고, 기타의 제한에 벗어나지 않는 정격을 말한다.	10분 30분 60분 90분
반복정격	지정조건하에서 회전기가 S3, S4, S5, S6, S7 또는 S8의 사용에 쓰여질 경우 그 회전기에 관한 표준 규격에 정해져 있는 온도상승 한도를 초과하지 않고 기타의 제한에는 벗어나지 않는 정격을 말한다. 특별한 지정이 없을 경우에 1주기의 표준치는 10분간으로 한다.	15%ED 15%ED 15%ED 15%ED
등가정격	지정조건하에서 회전기가 S3, S4, S5, S6, S7 또는 S8의 사용에 쓰여질 경우, 주문자와 제조자의 협의에 따라서 이 사용과 다른 열적으로 등가한 연속 사용 또는 단시간 사용으로 치환할 수가 있다. 이 치환한 사용에 대한 시험을 했을 때 그 회전기에 관한 표준규격에 정해져 있는 온도상승한도를 초과하지 않고 기타의 제한에 벗어나지 않는 정격을 말하고, 등가연속정격, 또는 등가단시간정격이라고 한다.	

(2) 절연의 종류와 허용최고온도

전동기내부에는 절연물이 사용되고, 이 절연물이 열에 의해 변화하여, 온도가 높을수록 절연성능이 악화되어 수명이 짧게 된다.

절연의 종류, 구성재료, 허용최고온도 및 온도상승한도는 표3·12에 있고, 저압전동기에서는 E종, B종, F종 고압전동기로는 F종이 일반적이다.

(3) 토크(Torque)

전동기의 토크로서는 시동토크, 전부하토크, 최대토크의 세 종류의 토크가 정의되어 있다. 전동기의 토크는 부하의 필요토크에 대해서 충분여유를 가지도록 고려할 필요가 있다.

그림3·1는 보통 농형 유도 전동기의 토크와 전류를 정지상태로부터 동기속도까지의 곡선으로 표시한 것이다.

출력토크의 관계는 다음식으로 표현된다.

$$\text{출력(kW)} = \text{토크(kgf} \cdot \text{m)} \times \text{회전수(min}^{-1}\text{)}/974$$

표3·12 절연의 종류와 구성재료

(KCS 4304)

절연의 종류	구 성 재 료	허용최고온도 (°C)	일 반 호 칭 (°C)
Y 종	예를들면 목면, 면, 종이등의 재료로 구성되고, 바니스류를 함침시키지않고 또는 유중에 담그지 않는것을 말한다. (Y종은 전 규격의 C종)	90	—
A 종	예를들면 목면, 면, 종이등의 재료로 구성되고, 바니스류를 함침 또는 유중에 담근것을 말한다.	105	60
E 종	—	120	75
B 종	예를들면 마이카, 석면, 유리섬유등의 재료를 접착재료와 함께 이용해서 구성된 것을 말한다.	130	80
F 종	예를들면 마이카, 석면, 유리섬유등의 재료를 실리콘 알키드수지등의 접착재료와함께 이용해서 구성된 것을 말한다.	155	100
H 종	예를들면 마이카, 석면, 글래스섬유등의 재료를 실릴콘수지 또는 동등한 성질을 가진 재료를 접착재료와 함께 이용한 것을 말한다. 고무상 및 고체상의 실릴콘수지 또는 동등의 성질을 가진 재료를 단독으로 이용한 경우를 포함.	180	125
C 종	예를들면 생마이카, 석면, 섬유등을 단독으로 이용하여 구성된 것, 또는 접착재료와 함께 이용한 것.	180초과	—

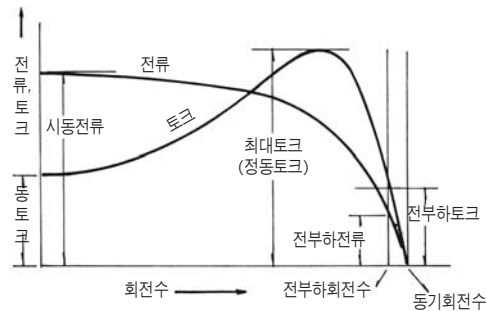


그림3·1 토크, 전류곡선

(4) 효율과 역률

1) 효율

효율은 출력의 입력에 대한 비율이고, 다음식으로 표현된다.

$$\text{효율}(\%) = \frac{P_o}{P_i} \times 100 = \frac{P_o}{\sqrt{3} V I \cos \theta} \times 100$$

V: 정격전압(V)

I: 전동기전압(A)

$\cos \theta$: 전동기역률

P_o : 전동기출력(W)

P_i : 전동기입력(W)

2) 역률

유도전동기는 커패시턴스가 거의없고 리액턴스가 크기때문에 전류의 위상은 전압의 위상에 대해서 지연되고 있다. 이 위상차각도 θ 가 크게되면 역률이 악화하고 무효전력이 크게되어 비 경제적이다. 통상 역률개선용 콘덴서를 이용해서 계통의 역률을 개선하고 있다.

(5) 전류와 기동계급

1) 무부하전류

전동기를 규정전압및 규정주파수로 부하를 접속시키지않고 운전했을 때의 전류이다.

더구나, 전동기의 역률개선용 콘덴서의 용량은, 전동기 정지시의 자기여자현상에 의한 이상전압의 발생및 이것에 수반하는 전동기의 소손을 회피하기 위해 전동기의 여자용량(KVA) 이하로 억제 할 필요가 있다. 무부하전류를 I₀로 했을때 일반적인 역률개선용 콘덴서의 용량한계는 다음과 같다.

$$\text{용량한계} = 3 \times \text{전압} \times I_0 \times 0.9 (\text{kVA})$$

2) 전부하전류

전동기에 부하를 접속하여 정격출력으로 운전했을때, 전동기의 고정자를 흐르는 1차 전류이고, 3상유도 전동기의 전부하전류는 다음식으로 표현된다.

$$\text{전부하전류}(A) = \frac{\text{출력}(W)}{\sqrt{3} \times \text{전압}(V) \times \text{효율} \times \text{역률}}$$

3) 기동전류와 기동계급

시동전류치는 소용량기로는 정격출력 kW에 대한 기동입력 kVA의 비로서 KSC4202에 의해 표3·13의 값 이하로 되어있다. 그 이상의 중용량기에는 일반적으로 정격전류에 대해서 기동전류는 500~650%정도로 된다.

표3·13 정격출력 kW에 대한 기동입력 kVA의 비 (K S C 4202)

정격출력 kW	정 격 출 력 k W 에 대 한 기 동 입 력 k V A 의 비 k V A / k W
0.2~5.5	13
7.5~22	12
30~90	11
110 ~ 200	10

비고) 정격출력0.2kW및0.4kW는, 전폐형만으로 한다.

(6)동기회전수와 미끄럼

1)동기회전수

$$\text{동기회전수}(\text{min}^{-1}) = \frac{120 \times \text{주파수}(\text{Hz})}{\text{극수}}$$

2)미끄럼

$$\text{미끄럼}(\%) = \frac{\text{동기속도}(\text{min}^{-1}) - \text{회전수}(\text{min}^{-1})}{\text{동기속도}(\text{min}^{-1})} \times 100$$

(7)전압 및 주파수변동의 전동기 특성에 미치는 영향

전압 및 주파수가 변화하면 전동기의 특성은 변화한다. 전압변화 및 주파수 변화의 유도전동기에 대한 일반적인 영향은 표 3·14와 같다.더구나, JEC37에서는, 아래의 전압 및 주파수의 변화에 대해서, 전동기가 지장없이 운전가능한 것이라고 규정되어있다.

1)전압변화

정격주파수의 원인으로 전원전압이 규격치의 $\pm 10\%$ 까지 변화해도, 정격출력에서 사용해서 실용상지장이 있어서는 안된다.

2)주파수변화

정격전압의 원인으로 전원주파수가 정격치의 $\pm 5\%$ 까지 변화해도 정격출력에 사용해서 실용상 지장이 있어서는 안된다.

3)전압 및 주파수 변화

전원의 전압 및 주파수가 동시에 변화하는 경우는 전압의 변화가 정격치의 $\pm 10\%$ 이내, 주파수의 변화가 정격치의 $\pm 5\%$ 이내이고, 그 양변화 백분율의 절대치의 합이 10%이내 일때는 정격출력으로 사용해서 실용상지장이 있어서는 안된다.

(8) 유도

유도전동기 특성의 보정치에는 표3·15에 나타난 유도를 채운다.

단, 규격 또는 사양서에서 최저 또는 최고치를 규정 또는 지정할 경우는 이 유도는 적용하지 않는다.

3.2.3 전동기의 제어

(1) 전동기의 기동방식

1)권선형 유도전동기

권선형유도전동기는 각상의 2차 권선에 슬립 링을 넣어 직렬로 외부저항을 삽입하는 것이 가능하기 때문에 저항에 의해 전류를 제한해 큰 토크로 시동할 수 있다.

그림3·2는 2차저항기의 저항치를 파라미터로 한 경우의 미끄럼-토크- 전류특성을 나타낸 것이다. 전동기 토크의 수하특성에 의해 미끄럼의 감소와 함께 토크가 감소하기 때문에 속도의 증가에 맞춰서 저항을 감소시켜, 거의 일정한 토크로 시동할 수 있다.

예를들면, 부하토크를 T_L 으로하면 전동기는 그림중의 a,b,c,~m점에 따라서 순차 가속하는 것이 되고, 이곡선의 b,d,f,~점은 2차 저항기의 절환점이 된다.

이차저항기(급속저항기)의 절환방식에는 한류방식과 한시방식이 있고, 펌프의 경우에는 GD^2 가 작기때문에 큰 플라이휠을 사용하는 경우를 제외하고 한시방식이 일반적으로 채용되고 있다. 저항기로서는 중용량전동기(수백 kW)Rk까지는 급속저항기가 채용되고, 그것이상의 대용량에는 액체저항기가 채용되고 있다.

3.2 전동기

표3·14 전압 및 주파수변동이 특성에 미치는 영향

	기동 및 최대 토크	동 기 속 도	% 미끄럼	전부하 속 도	효 율 (전부하시)	역 율 (전부하시)	전부하 전 류	기 동 전 류	전부하 시의 온도상승	최대 과부하 출력
전압변화										
110% 전 압	(+) 21%	변화하지 않음	(-) 17%	(+) 1%	(+) 0.05~0.1	(-) 0.3	(-) 7%	(+) 10~12%	(-) 3~4℃	(+) 21%
전압의 함 수	(전압) ²	일정	$\frac{1}{(\text{전압})^2}$	—	—	—	—	(전압)	—	(전압) ²
90% 전 압	(-) 19%	변화하지 않음	(+) 23%	(-) 1.5%	(-) 0.2	(+) 0.1	(+) 11%	(-) 10~12%	(+) 6~7℃	(-) 19%
주파수변화										
105% 주파수	(-) 10%	(+) 5%	실용상 변화없음	(+) 5 %	(+) 근소	(+) 근소	(-) 근소	(-) 5 ~6 %	(-) 근소	(-) 근소
주파수의 함수	$\frac{1}{(\text{주파수})^2}$	(주파수)	—	—	—	—	—	$\frac{1}{(\text{주파수})}$	—	—
95% 주파수	(+) 11%	(-) 5%	실용상 변화없음	(-) 5 %	(-) 근소	(-) 근소	(+) 근소	(+) 5 ~6 %	(+) 근소	(+) 근소

(주) (+)증가, (-)극

(예) 37kW 개방방적형 4극, 60Hz기의 특성은 110%전압에서는 다음과 같이 변화한다.

시동토크 140.1%→140.1×1.21=170%

정동토크 194.1%→194.1×1.21=235%

전부하회전수 1,758rpm→1,758×1.01=1,776rpm

효율 100% 부하 87.2%→87.2+(0.05~0.1)=87.25~87.3%

역율 100% 부하 87.7%→87.7-0.3=87.4%

전부하전류 8.5A→8.5×0.93=7.9A

기동전류 34.6A→34.6×(1.1~1.2)=38.1~41.5A

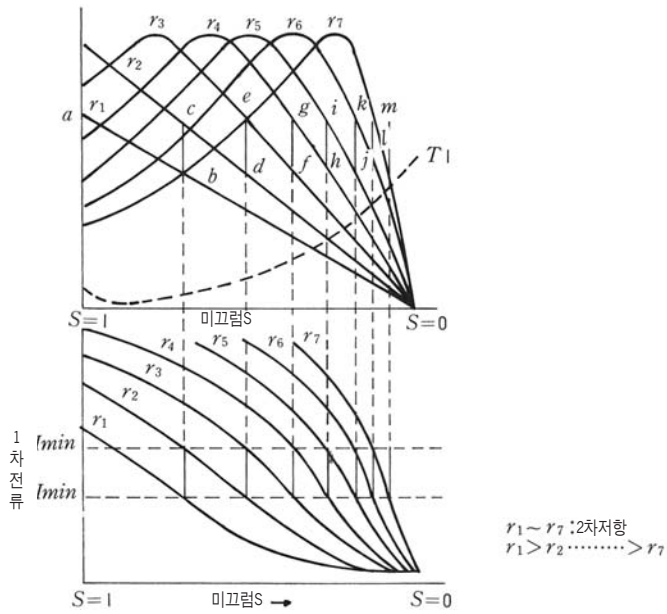


그림 3·2 권선형유도전동기의 비례추이

표 3·15 유도 전동기의 유도

항	종 류	유 도
1	(1) 규약효율(n)% (a)출력 50kW(또는 50kVA)이하의 유도전동기 (b)출력 50kW(또는 50kVA)를 넘는 유도전동기 (2)실측효율(n)%	- 0.15 × (100 - n)% - 0.10 × (100 - n)% - 0.15 × (100 - n)% 단, 최소 0.7%
2	손실(동기조상기의 전손실)	+ 0.1 × (보정치)
3	부하시의 역율(pf%)	- $\frac{1}{6}$ (100 - pf)% 단, 최소2%, 최대7%
4	무부하전류	+ 0.3 × (보정치)
5	미끄럼	+ 0.2 × (보정치)
6	최대기동전류	+ 0.2 × (보정치)
7	최소기동토크	- 0.1 × (보정치)
8	최대토크	- 0.1 × (보정치)

(비고) 1. n 및 pf는 보정치

2. 1 및 3~8 항의 유도는, 실측치, 계산치(원선도법그외)의 어느것에도 적용한다.

2)농형 유도전동기의 기동방식

a)전전압기동(직입기동)

전전압기동은 기동토크가 크기때문에 펌프에 기동시 충격을 주지만, 기동시간은 짧다. 회로구성을 그림3·3에 나타낸다. 또한, 기동전류가 크고, 기동전류를 억제할 경우는 다음항 아래에 서술하는 각종 감전압기동을 채용한다.

b)스타-델타기동

기동할때, 고정자권선을 스타-회로로 되도록 전원을 접속하고, 충분히 가속해서부터 델타회로에 전환하여 기동을 종료하는 방식이다. 회로구성을 그림3·4에 나타낸다.

기동토크가 전전압기동의 1/3로 되기때문에 비교적 경부하의 펌프에 적용하고 있다. 단, 델타회로로 전환할 때 회전자측으로부터 유기하는 전압의 위상의 관계로부터, 단시간이지만 큰 전류가 발생하는 경우가 있다. 이 방식의 경우, 전동기단자는 6본으로 되고, 펌프구동용으로는 작고, 중용량의 저압전동기의 기동방법으로서 사용된다. 또한 스타로부터 델타로의 변환시의 러쉬 전류의 발생을 억제하기 위해 저항을 삽입한 크로즈드(closed)방식을 채용하는 경우도 있다.

c)리액터기동

전동기의 1차측에 기동용리액터를 삽입하여 기동하고, 충분히 가속해서부터 기동용 리액터를 단락하는 방식이다. 회로구성을 그림3·5에 나타낸다.

기동전류는 리액터 전압 탭에 비례하여, 기동토크는 전압 탭의 제곱에 비례하여 감소한다.

d)콘돌퍼기동

단권의 기동변압기를 이용하여 기동하여, 다음에 기동변압기의 중성점을 개방하여 리액터로 하고, 최후에 이것을 단락해서 기동을 완료하는 방식이다. 회로 구성을 그림3·6에 나타낸다.

기동전류는 기동변압기의 전압탭의 제곱에 비례하고, 기동토크도 전압탭의 제곱에 비례하여 감소한다. 따라서 양호한 기동특성이 얻어지지만, 다른 방식에 비해 약간 설비비가 높게되고 받침 스페이스도 크게 된다.

이상의 각 기동방식의 기동전류와 기동토크의 관계를 표3·16에 나타낸다. 다시 각 표준탭의 기동전류 및 기동토크의 관계를 표3·17에 나타낸다.



그림 3·3 전전압기동

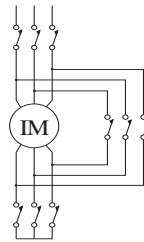


그림 3·4 스타-델타기동

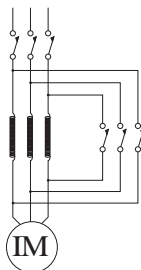


그림 3·5 리액터기동

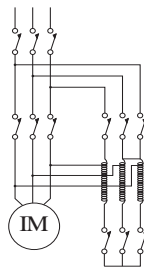


그림 3·6 콘돌퍼기동

표 3·16 기동방식과 기동토크 및 기동전류의 관계

	기동토크	기동전류
델타기동 (클로즈도방식)	$T \times \frac{1}{3}$	$I \times \frac{1}{3}(\ast)$
리액터기동	$T \times (\frac{V}{V'})^2$	$I \times (\frac{V}{V'})$
콘돌러기동	$T \times (\frac{V}{V'})^2$	$I \times (\frac{V}{V'})^2$

V : 정격전압

V' : 전동기 인가전압

주(※) 스타로부터 델타로의 변환시에 순간적으로 러쉬(RUSH)전류가 발생한다.

표 3·17 전압탭과 기동전류 및 기동토크

		단자전압	시동토크	시동전류
전 전 압 기 동		1.0	1.0	1.0
델 - 타 기 동		1.0	0.33	0.33 ⁽¹⁾
리액터 기 동	80%탭	0.80	0.64	0.80
	65%탭	0.65	0.42	0.65
	50%탭	0.50	0.25	0.50
보상기 기동 ⁽²⁾	80%탭	0.80	0.64	0.64
	65%탭	0.65	0.42	0.42
	50%탭	0.50	0.25	0.25
콘돌파 기동 ⁽²⁾	80%탭	0.80	0.64	0.64
	65%탭	0.64	0.42	0.42
	50%탭	0.50	0.25	0.25

주(※1) 스타로부터 델타로의 변환시에 순간적으로 러쉬(RUSH)전류가 발생한다.

(※2) 기동전류분에는 상기값에 기동변압기의 여자 전류분이 수%(2~5%)가산된다.

3) 동기전동기의 기동방식

a) 자기기동

회전자가 과상자극 또는 기동권선을 가지는 동기전동기는 자기기동이 가능하다.

동기속도부근까지 가속한 후, 계자권선에 직류여자를 가해 동기화한다.

펌프가 필요로하는 토크보다도 전동기의 인입토크가 작은 경우에는 동기화하는 것이 불가능으로 되기때문에 주의가 필요하다.

b) 기동전동기에 의한 기동

동기전동기에 직결한 기동전동기에 의해 기동하는 것으로, 전자클러치를 넣어 동기전동기에 결합된다.

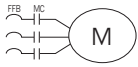
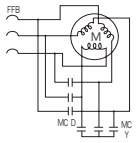
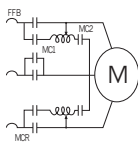
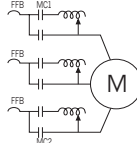
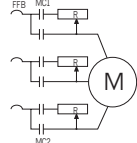
c) 저주파 동기기동

대용량 동기전동기의 기동에 채용되는 방식으로, 전동기용량에 상응한 자가발전설비로 설치하여, 발전기의 저주파 운전의 상태로 동기전동기의 시동과 동기화를 행하고, 그 후 발전기의 주파수를 서서히 상승시켜 정격속도까지 가속하는 방법이다.

최근에는, 동일한 원리로 정지형 기기를 사용하여 시동하는 방법도 있다.

3.2 전동기

표3 • 18 기동방법

기동법		전전압(全電壓) 직입기동	감전압기동			
			Y-△기동	콘돌파기동	리액터기동	1차저항기동
회로구성						
개 요		전동기에 최초부터 전전압을 인가하여 기동	△결선으로 운전하는 전동기를 기동시만 Y로 결선하여 기동전류를 직입기동시의 1/3로 줄인다.	V결선의 단권변압기를 사용해서 전동기에 인가전압을 낮추어서 기동	전동기의 1차측에 리액터를 넣어 기동시의 전동기의 전압을 리액터의 전압 강하만큼 낮추어서 기동	리액터기동의 리액터 대신 저항기를 넣은 것
특 징		전동기 본래의 큰 가속 토크가 얻어지므로 기동시간이 짧다. 부하를 연결한 채로 기동이 가능. 값이 싸다.	기동전류에 의한 전압 강하를 경감 시킬 수 있다. 감압기동 가운데서는 가장 싸고 손쉽게 채용할 수 있다.	탭의 선택에 따라 최대 기동전류, 최소 기동토크의 조정이 가능하며, 전동기의 회전수가 커짐에 따라 가속 토크의 증가가 크다.	탭 절원에 따라 최대 기동 전류, 최소 기동 토크가 조정가능 전동기의 회전수가 높아짐에 따라 가속토크의 증가가 심하다.	리액터 기동과 거의 같음. 리액터 기동보다 가속 토크의 증대가 크다.
결 점		기동 전류가 크고 이상 전압강하의 원인이 된다.	가속토크가 작으므로 부하를 연결한채로 기동할 수 없다. 기동한 후 운전으로 전환될 때 전전압이 인가되어 전기적, 기계적 쇼크가 있다.	가격이 가장 비쌈. 가속토크가 Y-△기동과 같이 작다. 최대기동전류, 최소 기동토크의 조정이 안된다.	콘돌파 기동보다 조금 싸고 느린 기동이 가능하다.	최소 기동 토크의 감소가 크다. 적용 전동기의 용량은 7.5KW 이하
제 특 성	기동전류 Ist	500 ~ 1000%	33.3%	25-42-64% (탭 50-65-80%)	50-65-80% (탭 50-65-80%)	50-65-80% (탭 50-65-80%)
	기동토크 Tst	100% 이상	33.3%	25-42-64% (탭 50-65-80%)	50-65-80% (탭 50-65-80%)	50-65-80% (탭 50-65-80%)
	가속성	가속토크 최대 기동시 부하에 가해지는 쇼크가 크다.	토크의 증가 적다. 정동토크 적다.	토크의 증가가 약간 작음. 정동토크 약간 작음. 원활한 가속	토크의 증가가 매우 큼. 원활한 가속	토크의 증가가 매우 큼. 정동토크 대 원활한 가속
적 용		전원용량이 허용되는 범위내에서는 가장 일반적인 기동방법으로 사용 가능한 한 이방식의 사용이 가장 유리	5.5KW이상의 전동기로 무부하 또는 경부하로 기동이 가능한 것. 감압기동에서는 가장 일반적인 공작기, 크래셔	최대 기동전류를 특별히 억제할 수 있는 것. 대용량 전동기, 펌프, 팬, 송풍기, 원심분리	팬, 송풍기, 펌프, 방직기계. CUSHION STARTER응 등의 부하에 적합	소용량전동기(7.5KW이하)에 한해서 리액터 기동용 부하와 동일적용

(2) 전동기의 기동시간

전동기의 기동시간을 구하는 개략식은 아래와 같다.

$$t = \frac{\Sigma GD^2 \times N}{375 \times Ta} \text{ (s)}$$

Ta: 평균가속토크(kgf · m)

ΣGD^2 : 전동기 GD^2 + 펌프 GD^2 : (kg.m²)

N: 회전수(min⁻¹)

평균가속토크로는 전동기토크와 부하토크의 차의 평균치이다.

(3) 속도제어방식

각종전동기의 속도제어방식의 종류를 표3·19에 나타낸다. 이 중에서 펌프 속도제어용으로서 일반적으로 사용되는 속도제어방식은 아래와 같다.

표 3·19 속도제어방식의 종류



1) 2차 저항제어

종래부터 사용되고 있는 속도제어방식에서, 권선형유도 전동기의 2차 회로에 저항을 삽입하여, 그 저항치를 증감하는 것에 의해 속도를 변화는 것이다.

장치가 간단하고 저가이지만, 2차 미끄럼전력이 열로서 저항중에 소비되기때문에 저속시에 효율이 나쁘고, 저속에서는 속도변동이 크게 불안정으로 된다. 그 때문에 속도제어 범위가 작은 경우 또는 중소용량 펌프에 사용된다.

저항기로서는 금속 저항기와 액체저항기가 있다. 금속저항기는 보수점검이 용이하지만, 열이 주위에 확산되어 실온 상승의 원인으로 된다. 제어가 단계적으로 되는 점이 있고, 대용량에는 적합하지 않다. 액체저항기는 연속 제어가 가능하고, 대용량에 적용할 수 있다. 단, 구조적으로 잔류저항이 발생하는 것을 피할 수 없기 때문에, 최고회전수는 동기회전수의 95%정도이다.

2) 셀비우스제어

유도전동기의 2차 권선에 외부로부터 역기전압을 인가하여 속도제어를 행하는것이 2차 여자방식의 원리이다.

이 방식은 권선형유도전동기의 2차 출력을 전력으로하여 전원으로 반환하기 때문에 효율이 좋은 운전이 가능하게 된다. 그림 3·7에 셀비우스 장치의 일반적인 구성을 나타낸다.

또한, 기동시는 기동저항기를 2차측에 삽입해 적정한 속도까지 가속한 후 셀비우스 운전으로 전환한다.

더구나, 셀비우스 장치를 사용하는 경우는 순간정전에 의한 전류실패시 문제가 있고, 그 대책에 특히 주의가 필요하다.

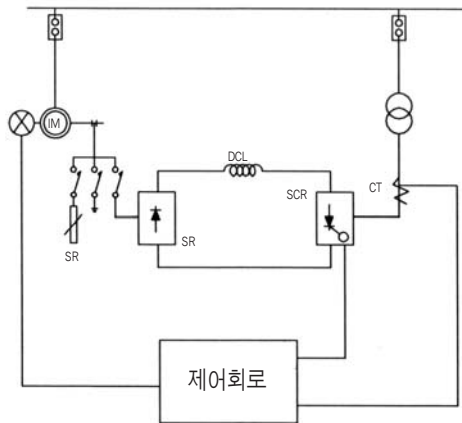


그림 3·7 세루비우스장치의 구성

3) 1차 주파수 제어

유도전동기의 동기회전수 N 는 다음식과 같이 1차 주파수 f 에 비례한다.

$$N = \frac{120 f}{P}$$

P : 극수

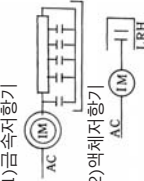

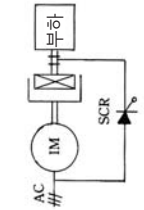
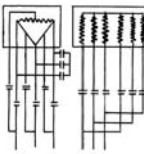
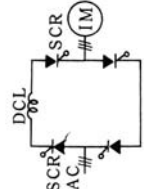
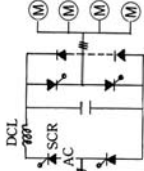
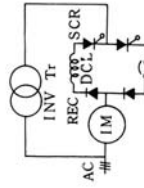
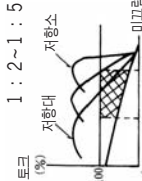
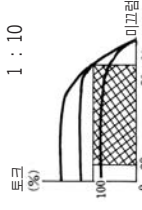

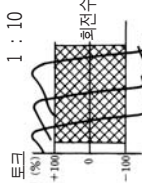
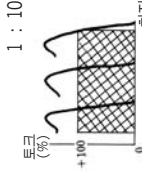
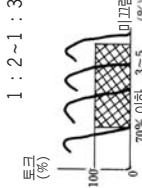
유도전동기의 1차 주파수를 가변제어하는 것에 의해 전동기회전수를 제어하는것이 1차 주파수제어의 원리이다. 이 제어 방식에는 각종 인버터가 사용되고, 전류방식 및 사용소자에 의해 표 3·20과 같이 분류된다.

표3·20 각종 인버터의 비교

분 류	사용되는 주 소자	시동토크	적용 전동기 용량	주특징
전류형 인버터	다이리스터	AC-DC-AC	200~300kW 클래스이상	○다중화에 의해 대용량화가 가능 ○제어 성능이 좋다
전압형 인버터	트랜지스터	AC-DC-AC (DC-AC)	200~300kW 클래스이하	○소용량기에 최적 ○범용 전동기와의 조합에 최적 ○출력 전류는 거의 정현파
	다이리스터	AC-DC-AC	수백kW클래스	○회로가 약간 복잡 ○출력 전류가 정현파에 가깝다

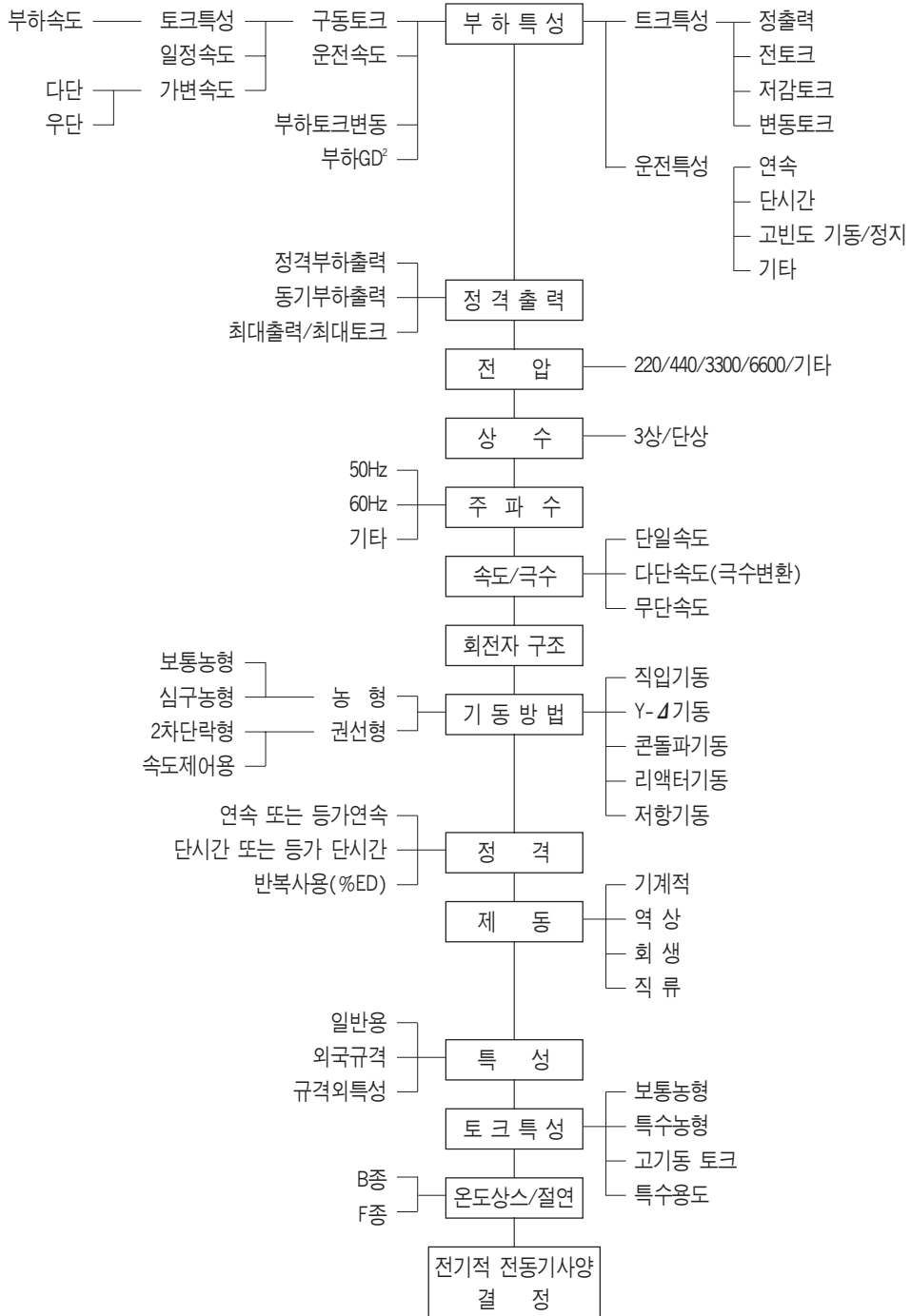
200~300kW정도까지의 중소용량기로 또는, 전류형, 전압형 전부 인버터로 적용가능하지만, 대용량기에는 전류형 인버터가 적당하다. 더구나, 대표적인 각종속도제어 방식의 특징비교를 표3·21에 나타낸다.

표 3·21 각종제어방식의 비교

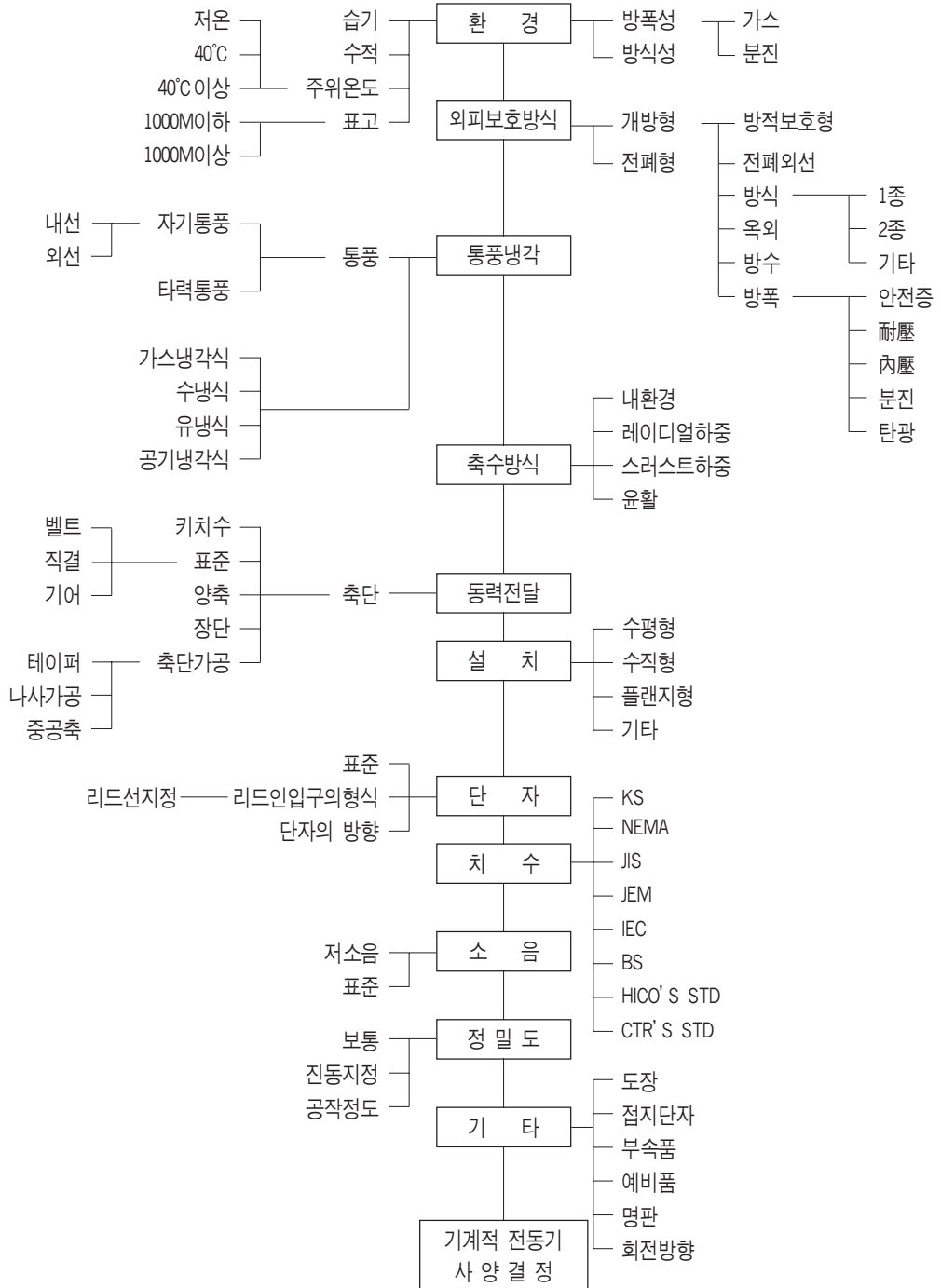
제어방식	2차저항제어	VS 커플링	극수변환	1차주파수제어		정지셀비우스
주전동기	권선형유도전동기	농형 유도전동기	농형 유도전동기	전류형 인버터	전압형 인버터	권선형 유도전동기
	(1)크속저항기  (2)액체저항기 					
가 격 비	저가	저가	저가	약간 고가	약간 고가	약간 고가
제어방법	권선형유도전동기의 2차 저항치를 조정하여 속도제어한다. 제여기의 조작에는 수동행들식, 전동식의 2가지 종류가 있다. 가동 속도제어장치는 액체 저항기일때만 취부한다.	다이리스터에 의해, 여자코일에 주여지는 여자전류 권선을 절환하여, 극수변환을 조정하여 속도제어한다.	전동기권선의 결선법, 시용 인버터에 의해 출력주파수, 및 전압을 제어해서 속도 제어한다.	외동일	다이리스타 인버터의 점호각을 조정하여 (직류역전압을 인가하여 속도제어한다. 2차 출력을 다이리스타 인버터에 의해 전원주파의 교류로 변환한다.	
제어범위	실선: 자동제어가 없는 속도토크특성  토크 (%) 회전수 (%) 1 : 2 ~ 1 : 5 저항대 저항소 0 100 60 5-10 미끄럼	 토크 (%) 회전수 (%) 1 : 10 20-30 미끄럼	 토크 (%) 회전수 (%) 2-4속 감도특성 0 100 미끄럼	 토크 (%) 회전수 (%) 1 : 10 +100 0 -100 미끄럼	 토크 (%) 회전수 (%) 1 : 2 ~ 1 : 3 70% 이하 3-5 미끄럼	 토크 (%) 회전수 (%) 1 : 2 ~ 1 : 3 70% 이하 3-5 미끄럼
특징	1. 장치가 간단하여 손쉽게 사용할 수 있다. 2. 2차 전력을 전부 2차 저항으로 열로서 방출하기 때문에 효율이 나쁘다. 3. 제어범위가 좁다	1. 광범위한 무단계 속도 제어가 가능 2. 양호한 속도제어가 가능 3. 제동토크를 발생하지 않는다. 단, 나선전류 브레이크가 있다. 4. 나선전류손실때문에 총 효율율이 나쁘다. 5. 축방향 길이가 약간 길게 된다.	1. 장치가 간단하고 견고하다. 2. 각 속도에서의 운전효율이 좋다. 3. 제어가 단계적으로 되어, 속도변의 선정이 한정된다.	1. 상용전원주파수에 관계없이 광범위한 무단계제어가 가능 2. 모든 속도영역에서 고출력의 운전이 가능. 3. 4상한 운전이 가능하다.	1. 상용전원주파수에 관계없이 광범위한 무단계제어가 가능 2. 모든 속도영역에서 고효율의 운전이 가능 3. 다수전동기의 전속운전에 적합 4. 재생제동과 기역운전을 요하는 부하에는 적합하지 않다.	1. 무단계 속도제어가 가능 2. 고정도의 속도제어가 가능 3. 모든 속도영역에서 고효율이다 4. 복수대의 일괄제어가 가능 5. 모터를 제외하면 정지기로 보수공이 6. 제동토크를 발생하지 않는다. 7. 기동저항이 필요 8. 역률이 나쁘다. 9. 속도변위가 좁게됨에 따라, 정지는 소형으로 된다.

(4) 전동기의 검토

1) 전기적 검토



2) 기계적 검토



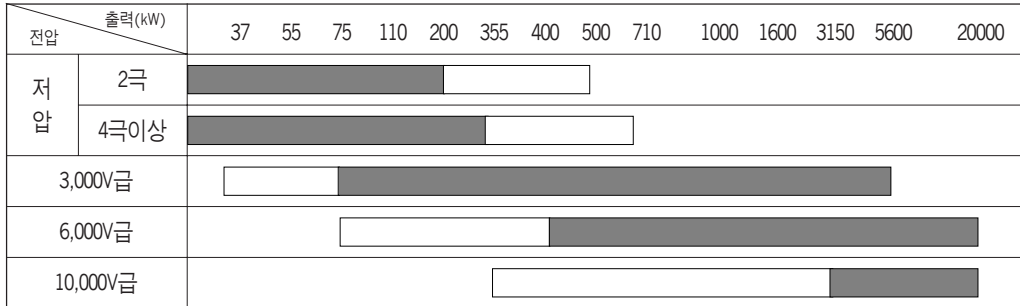
3) 배전계획과 전동기 정격전압의 선정

전동기의 전압선정은 아래 점을 검토하는 것 외에, 배전설비를 포함한 전체의 경제비교를 행해 결정할 필요가 있다.

①시동시의 전압강화와 시동방식

②전체의 설치 스페이스

③보수성, 유지관리의 용이성



주) 비교적 경제적인 출력범위이다.

어느 정도 경제성을 무시하면 기술적으로 가능한 범위이다.

그림3·8 전압계급에 대한 제작 범위